

Gödselmedelsproduktion i Sverige

Aktuella initiativ, tekniker och förutsättningar



- Tillgång till en rad olika restprodukter samt tillgång till fossilfri el skapar förutsättningar för svensk gödselmedelsproduktion med god miljö- och klimatprestanda.
- Minst ett femtontal initiativ är på gång men de kan fördröjas eller förhindras av föråldrade regelverk, miljötillstånd och konkurrens om el i norra Sverige.
- Växtnäringsflödena i samhället behöver bli mer cirkulära och det behövs en översyn av regelverken kring användning av avfall och kring gödselmedlens tillåtna innehåll av olika substanser.

Jordbruksverket har fått i uppdrag av regeringen att inom ramen för livsmedelsstrategin analysera förutsättningar för gödselmedelsproduktion i Sverige samt kartlägga vilka projekt inom gödselmedelsproduktion som är på gång. Uppdraget som finns inskrivet i Jordbruksverkets regleringsbrev lyder:

Jordbruksverket ska analysera nuvarande kapacitet och förutsättningar för inhemsk gödselmedelsproduktion samt kartlägga pågående potentiellt skalbara initiativ inom Sverige respektive EU. Redovisningen ska lämnas till Regeringskansliet senast den 31 mars 2023.

En arbetsgrupp på Jordbruksverket med följande representanter har genomfört utredningen: Sone Ekman, Patrik Eklöf, Gunilla Frostgård, Bengt Johnsson, Else-Marie Mejersjö och Marie Törnquist. Rapporten har beslutats av Jordbruksverkets generaldirektör

Bilaga 2 och 3 i föreliggande rapport har tagits fram av Ramboll på uppdrag av Jordbruksverket. Författare till dessa båda bilagor framgår i respektive bilaga.

Sammanfattning

I dagsläget saknas i princip mineralgödselproduktion i Sverige. Importberoendet är särskilt stort för kvävegödselmedel, eftersom mineralgödsel svarar för merparten av kvävetillförseln till åkermarken.

Åtminstone ett femtontal initiativ för gödselmedelsproduktion är på gång i Sverige. I de flesta fall baseras produktionen på resurser tillgängliga inom landet, såsom olika restprodukter. De största initiativen inom kväve- och fosforgödselmedel planeras producera mer än hela den svenska förbrukningen. De minsta initiativen ger kvantitetsmässigt ett närmast försumbart tillskott men är intressanta om resursflödet de verkar i har stor potential som råvarukälla. I andra länder finns det ytterligare tekniker som kan användas för att utnyttja restprodukter som råvara.

Resursflöden i Sverige som kan användas för gödselmedelsproduktion:

- Restprodukter från gruvindustri
- Fixering av kväve från luft med hjälp av fossilfri el
- Restprodukter från industriproduktion
- Avloppsvatten
- Rötrest från biogasanläggningar
- Aska
- Restprodukter från livsmedelsproduktion.

Användning av fossilfri el för kvävegödselproduktion är fördelaktigt ur klimatsynpunkt. De övriga resursflödena innebär återanvändning av näringsämnen i restprodukter, vilket bidrar till bättre hushållning med ändliga resurser. Att skapa cirkulära näringsflöden ger också miljövinster. Lokalt kan dock anläggningar för produktion av gödselmedel ge upphov negativa miljöeffekter.

Rapporten identifierar fyra huvudkategorier av faktorer som kan hindra eller fördröja satsningar på gödselmedelsproduktion i Sverige:

- Processen med att få miljötillstånd för en produktionsanläggning tar lång tid och utfallet kan vara svåröversägbart
- Det kan krävas många års kötid för att få anslutning till elnätet, på grund av omfattande industrisatsningar i norra Sverige
- Elpriset i norra Sverige förväntas närma sig elpriset i södra Sverige
- Regelverken kring användning av avfall och kring gödselmedlens tillåtna innehåll av olika substanser är inte utformade med tanke på att underlätta återcirkulation av resurser i samhället

Jordbruksverket menar att det är motiverat med en översyn av sistnämnda regelverk. Av hållbarhetsskäl bedömer Jordbruksverket också att återcirkulationen

av den växtnäring som hamnar i toaletten bör öka, samtidigt som tillförseln av oönskade ämnen till åkermarken minimeras.

Beredskapsfrågan och en robust livsmedelsproduktion är en bakgrund till föreliggande rapport. Rapporten visar att det finns goda förutsättningar inhemsk gödselmedelsproduktion. I övrigt behöver beredskapsfrågan hanteras genom ett samlat grepp på svensk livsmedelsberedskap och kan inte avgränsas till enbart gödselmedelsförsörjningen.

Summary

Virtually all commercial fertilizer used in Swedish agriculture is imported. The reliance on imported fertilizer is particularly large for nitrogen, since commercial fertilizer accounts for a major part of nitrogen supplied to agricultural crops.

In Sweden, at least 15 initiatives for fertilizer production are planned or are near market introduction. In most cases they are based on domestically sourced resources, such as various kinds of waste or by-products. The largest initiatives for nitrogen or phosphorus fertilizer are planning to produce more of these nutrients than needed for domestic agriculture. The smallest initiatives may be insignificant in terms of produced quantity, but are of interest if their source of raw material has a large potential. Our study also identifies technologies for utilization of waste or by-products which are under development in other countries, and could be relevant in a Swedish context.

Resources in Sweden which may be used for fertilizer production:

- Waste from mining
- Nitrogen capture from air using fossil-free electricity
- Industrial waste or by-products
- Sewage
- Biogas digestate
- Ashes
- Food waste

Using fossil-free electricity for nitrogen production has climate advantages. The remaining sources of raw material represent recycling of various kinds of waste or by-products. Recycling of resources will reduce the need for depletable resources for fertilizer production, and in addition there are environmental benefits. However, fertilizer production facilities may have negative impacts on the local environment.

The report identifies four factors which may limit the development of new fertilizer production in Sweden:

- The process for receiving environmental permits for production facilities may take several years and the outcome may be uncertain.
- For energy-consuming industries it may take several years to get a connection to the electricity grid, since a significant number of energy-consuming industrial projects are planned in northern Sweden.
- The price of electricity in northern Sweden has been favourable but is expected to be closer to the price in Southern Sweden in the future.

- The legislation regarding use of waste as a raw material and regarding acceptable content of various substances in fertilizer is not designed with recycling of resources in mind.

The report recommends that the aforementioned legislation is reviewed, in order to facilitate recycling and recirculation of resources. Recirculation of nutrients in human faeces and urine in society should also increase, for sustainability reasons. At the same time, the supply of unwanted substances to farmland from fertilizers should be minimized.

A desire for better crisis preparedness in Sweden is one background to this report. However, crisis preparedness regarding fertilizer should be part of food preparedness rather than an issue on its own.

Innehåll

Sammanfattning	3
Summary	5
1 Inledning	10
1.1 Bakgrund	10
1.2 Avgränsningar	11
1.3 Så här har vi arbetat	11
2 Sammandrag av vad som framkommit	14
2.1 Bakgrundsfakta	14
2.2 Den nationella studien	15
2.3 Den internationella studien	19
3 Diskussion	21
3.1 Det finns råvara inom landet	21
3.2 Flera faktorer kan hindra eller fördröja inhemsk gödselmedelsproduktion ...	22
3.3 Beredskapsperspektivet	27
4 Slutsatser	29
4.1 Miljötillstånd och sug efter el bromsar utvecklingen	29
4.2 Regelverken om avfall och gödselmedel behöver ses över	30
4.3 Slut kretsloppet mellan stad och land	30
Referenser	31
Bilaga 1 Kunskapsunderlag om gödselmedel	33
1 Växtnäringstillförsel i svensk växtodling	34
1.1 Grödornas behov och upptag samt praktisk användning	34
1.2 Råvaror och produktionsmetoder och för mineralgödsel framställning	46
2 Användning av gödselmedel idag	50
2.1 Använd mängd växtnäring i svenskt lantbruk	50
2.2 Användningen av andra organiska gödselmedel än stallgödsel	53
3 Framtida växtnäringsbehov	57
3.1 Framskrivning av dagens behov med hjälp av kända trender ger en marginell ökning av behovet	57
4 Marknaden för mineralgödsel i Sverige, EU och globalt	60
4.1 Sverige	60
4.2 Marknaden för mineralgödsel i EU	64
4.3 Den globala marknaden för mineralgödsel	69
5 Styrmedel mineralgödsel	73

5.1 Ekonomiska styrmedel	73
5.2 EU-regelverk med påverkan på recirkulering av växtnäring till jordbruket....	75
Referenser.....	82
Bilaga 2 Att säkra tillgången på gödselmedel för svenska lantbrukare: En översikt av initiativ i Sverige	83
Sammanfattning	85
Summary	86
1 Inledning.....	87
1.1 Kartläggningens omfattning och avgränsningar.....	87
1.2 Kartläggningens utmaningar	88
1.3 Dagens gödselmedelsanvändning och ursprung.....	88
1.4 Gödselmedelstyper och användbarhet	91
1.5 Lagkrav för cirkulär användning av näringsämnen	95
2 Kartläggningens metod	100
2.1 Explorativ datainsamling	100
2.2 Fördjupad datainsamling.....	101
3 Resursflöden och initiativ	103
3.1 Företagsanalys.....	103
3.2 Beskrivning av resursflöden och initiativ inom dessa.....	104
3.3 Sammanställning av samtliga funna initiativ	125
4 Fördjupande analys av utvalda initiativ inom olika resursflöden	129
4.1 Urval av initiativ	129
4.2 Djupstuderade initiativ.....	130
5 Slutsatser	149
5.1 Initiativ med stor potential	149
5.2 Initiativ som kan vara skalbara.....	150
5.3 En starkare värdekedja kan skapas	150
Referenser.....	151
Annex 1: Företagsanalys	153
Annex 2: Referenser till tabeller	156
Bilaga 3 Att säkra tillgången på gödselmedel för svenska lantbrukare: En översikt av initiativ i EU, Norge och Storbritannien	157
Sammanfattning	159
Summary	160
1 Inledning.....	161
1.1 Kartläggningens omfattning och avgränsningar.....	161
1.2 Kartläggningens utmaningar	162

2	Marknaden för mineralgödsel.....	164
2.1	Marknaden segmenteras efter olika produkttyper.....	164
2.2	Sveriges import och försäljning av gödselmedel.....	164
2.3	EU:s import av gödselmedel	165
2.4	Gödselpriser på historiskt höga nivåer.....	166
3	Kartläggningens metod	167
3.1	Explorativ datainsamling	167
3.2	Fördjupad datainsamling.....	167
4	Delområden och initiativ.....	169
4.1	Lista med tekniker och initiativ	169
5	Fördjupande analys av utvalda tekniker.....	174
5.1	Tekniker med avloppsslam som insatsmaterial	174
5.2	Tekniker med slamaska som insatsmaterial	176
5.3	Tekniker med avloppsvatten (ej slam eller aska) som insatsmaterial.....	180
5.4	Tekniker med övriga/blandade insatsmaterial	181
5.5	Tekniker med kopplingar till Sverige	182
6	Slutsatser	184
	Referenser.....	186
	Annex 1: Referenser till tabeller	189

1 Inledning

1.1 Bakgrund

En bakgrund till uppdraget är effekterna av Ukrainakrigets utvidgning i februari 2022. Före 2022 svarade Ryssland och Belarus för mer än 40 procent av importen av gödselmedel till EU. Dessa volymer har delvis fallit bort i och med kriget.

Dessutom skars produktionen av kvävegödselmedel inom EU ned kraftigt under 2022, när minskad export av naturgas från Ryssland ledde till mångdubblat pris på naturgas. Naturgas är den huvudsakliga råvaran vid produktion av kvävegödselmedel.

Ukrainakriget har tydliggjort hur beroende svenskt jordbruk är av omvärlden för växtnäringsförsörjningen. Fram till 00-talet fanns det mineralgödselproduktion i Sverige men i dagsläget finns i princip¹ ingen inhemsk mineralgödselproduktion. Svenskt jordbruk är därför beroende av importerad vara. Mineralgödsel svarar dock inte för hela näringsförsörjningen, utan växtnäring cirkuleras också i livsmedelssystemet. Den huvudsakliga återcirkulationen sker via stallgödsel, men växtnäring förs också tillbaka till jordbruket via slam från reningsverk, biogödsel från biogasanläggningar och restprodukter från livsmedelproduktion.

Bland näringsämnen kväve, fosfor och kalium är importberoendet störst för kväve. Importerad mineralgödsel svarar uppskattningsvis för fyra femtedelar av det kväve som tillförs grödorna via gödselmedel². Kväve är dessutom ett näringsämne som till största delen måste tillföras marken varje år, vilket för övrigt även gäller för svavel. Utan kvävetillförsel reduceras skörden kraftigt. Svensk jordbruksproduktion skulle därför reduceras kraftigt om svenskt jordbruk i en krissituation inte fick tillgång till importerad mineralgödsel.

En möjlig väg att skapa produktion av gödselmedel i Sverige är att öka användningen av restprodukter som redan finns i landet. I ett hållbarhetsperspektiv framstår det som önskvärt att resurser i högre grad kan återcirkuleras i samhället och användas för produktion av nya varor. Därigenom går det både att uppnå en bättre hushållning med ändliga resurser och minska negativ miljöpåverkan från brytning och produktion av råvaror. Genom återcirkulation kan vi dessutom undvika att resurserna exempelvis behöver släppas ut i våra vatten eller läggas på deponi, vilket också minskar risken för negativ miljöpåverkan.

¹ I Sverige finns en fabrik som producerar en råvara till sprängämne som i princip skulle kunna användas till mineralgödsel. Ett av de initiativ som identifieras i rapporten producerar mindre mängder av ett ämne som kan användas för att producera mineralgödsel.

² Dataunderlaget är osäkert och ofullständigt. Det finns även andra kvävekällor som bidrar till grödornas kväveförsörjning, inte minst då baljväxternas kvävefixering. Se bilaga 1 för ytterligare information.

Genom att använda fossilfri energi går det att minska utsläppen av växthusgaser från gödselmedelsproduktion, i synnerhet vid produktion av kvävegödselmedel. Tillgång på fossilfri energi och relativt låga elpriser har på senare år gjort norra Sverige till en attraktiv plats för elkrävande produktion.

För svenskt jordbruks del kan inhemsk gödselmedelsproduktion möjligen bidra lägre kostnader för gödselmedel, ifall konkurrensen på marknaden för gödselmedel därigenom ökar.

1.2 Avgränsningar

Med gödselmedel avser vi såväl industriellt tillverkad mineralgödsel av oorganiskt ursprung som olika former av organisk gödsel av animaliskt och/eller vegetabiliskt ursprung.

Fokus i rapporten ligger på att identifiera råvarukällor och tekniker för produktion av gödselmedel som kan bidra med substantiella volymer gödselmedel i Sverige. I detta ingår att undersöka om de tänkta produkterna får kvalitetsegenskaper som stämmer överens behov och odlingsförutsättningar i Sverige. Gödselproduktionens och produkternas miljöprestanda diskuteras också i rapporten.

Tidsperspektivet i rapporten är från ett par års sikt upp till något tiotal år framåt i tiden. Rapporten adresserar inte den kortsiktiga tillgången på gödselmedel och läget på marknaden för gödselmedel med anledning av det pågående kriget i Ukraina.

Utredningen omfattar inte traditionell användning av stallgödsel på gårdsnivå. Större initiativ som gör att stallgödseln processas så att exempelvis växtnäringen blir mer koncentrerad och kan utnyttjas effektivare är dock av intresse.

En aspekt som inte studeras i rapporten är effektiv användning av växtnäring på gårdsnivå. Hur användningen av växtnäring kan effektiviseras arbetar Jordbruksverket med i andra sammanhang, exempelvis genom Greppa Näringen.

I rapporten finns, på grund av att data och information saknas, inte någon djupare analys av tillgång på och initiativ för produktion av mikronäringsämnen. Fokus i rapporten ligger på makronäringsämnena kväve, fosfor, kalium och i någon mån svavel.

Det ingår inte i uppdraget att föreslå konkreta styrmedel för att stärka förutsättningarna för inhemsk produktion av gödselmedel.

1.3 Så här har vi arbetat

För att genomföra uppdraget har Jordbruksverket tagit fram kunskapsunderlag på ett antal områden:

- Hur ser behoven av växtnäring ut i Sverige
- Hur fungerar växternas näringsförsörjning
- Vilka egenskaper är önskvärda hos gödselmedel
- Vilka kemiska föreningar och organiska substanser är aktuella som gödselmedel och vilka användningsegenskaper har de
- Hur produceras gödselmedel och vilken fysisk form kan slutprodukten ha
- Hur fungerar marknaden för gödselmedel i Sverige, EU och globalt
- Vilka regelverk påverkar användning och tillverkning av gödselmedel.

Jordbruksverkets kunskapsunderlag redovisas i bilaga 1.

Konsultföretaget Ramboll har kontrakterats för och utfört två kartläggningar av initiativ för gödselmedelsproduktion; dels avseende Sverige och dels avseende EU, Norge och Storbritannien. Ramboll har i sitt arbete identifierat ett antal resursflöden (råvarukällor) och inom respektive resursflöde har man granskat ett eller flera initiativ. I den internationella studien har huvudfokus legat på att identifiera initiativ med teknologier som potentiellt skulle kunna överföras till Sverige. Frågor som analyseras för respektive initiativ är bland annat:

- Vilka näringsämnen är tänkta att produceras, vilken produkt tänker man sig saluföra och vem är den tilltänkta kunden
- Varifrån kommer huvudråvaran för produktionen och vilka övriga insatsvaror behövs
- Vilka hinder, utmaningar och begränsningar finns det för att produktion ska komma till stånd
- Inom vilken tidsram kan produkten finnas på marknaden
- Vilka förutsättningar finns det för att på sikt skala upp produktionen och hur stor är potentialen i det resursflöde eller den råvarukälla som utnyttjas
- Effekter för miljö och klimat.

Rambolls rapporter återfinns som bilaga 2 och 3.

Jordbruksverket har haft en referensgrupp som stöd i arbetet (tabell 1). Referensgruppen har även bidragit med kommentarer på rapportutkast från Ramboll.

Tabell 1. Deltagare i Jordbruksverkets referensgrupp

Organisation	Namn
RISE	Serina Ahlgren
Potatisodlarna	Anders Andersson
Yara	Anders Anderson och Ingemar Gruvaeus
Avfall Sverige	Linn Andersson
Lantmännen	Per Arvidsson och Patrik Myrelid
Betodlarna/NBR	Desirée Börjesdotter
Svenskt Vatten	Anders Finnson
LRF	Markus Hoffmann
Spannmålsodlarna	Johan Karlzén
Frö- och oljeväxtodlarna	Anneli Kihlstrand
Ragn-Sells/ Easy Mining	Sara Stiernström
Föreningen foder och spannmål	Pontus Thureson

2 Sammandrag av vad som framkommit

2.1 Bakgrundsfakta

Nettoimporten av gödselmedel till Sverige uppgår till cirka 750 000 ton fysisk vara per år, varav cirka 96 procent är mineralgödsel. Som redan nämnts finns i princip ingen produktion av mineralgödselmedel i Sverige i dagsläget. Räknat som mängd rent växtnäringssämne uppgår den årliga försäljningen av mineralgödsel i Sverige till i storleksordningen 180 000 ton kväve, 15 000 ton fosfor och 30 000 ton kalium. Merparten av Sveriges import kom under 2021 från näraliggande EU-länder men 22 procent kom från Belarus och Ryssland. Inom EU finns mineralgödselproduktion i alla länder utom Danmark, Estland, Lettland, Slovenien och Sverige. EU är nettoimportör av mineralgödsel. Marknaden för mineralgödsel är global och de största producentländerna är Kanada, Kina, Indien, Marocko, Ryssland och USA. (Se bilaga 1)

I gödselmedlen ingår näringsämnena i olika kemiska föreningar. Tillgängligheten av varje enskilt ämne för växterna varierar beroende på i vilken kemisk form som ämnena föreligger. Oftast behöver gödselmedlen omvandlas kemiskt och/eller biologiskt i marken för att näringsämnena ska kunna tas upp av växten. Generellt gäller att växtnäring i organiska gödselmedel är mindre tillgänglig än växtnäring i mineralgödsel. Näringsämnena i organiska produkter frigörs över tid och tillgängligheten avgörs av temperatur, markfukt och markkemiska faktorer. (Se bilaga 1)

För minsta möjliga miljöpåverkan av gödslingen och för bästa möjliga lönsamhet i odlingen ställs höga krav på gödselmedlen. De ska ha korrekt innehåll av växtnäring, näringsämnena ska vara i växttillgänglig form och innehållet av oönskade ämnen i gödselmedlet ska vara lågt. Vidare ska gödselmedlen ha bra egenskaper för transport, lagring och spridning. Det är viktigt att näringen kan spridas jämnt fördelad över markytan med den spridningsutrustning som finns tillgänglig inom lantbruket. (Se bilaga 1)

Industriell produktion av mineralgödsel utgår från vissa grundråvaror. Ammoniak utgör grunden för produktion av kvävegödselmedel. Ammoniakfabriker finns ofta i anslutning till gödsel fabriken, men ammoniak handlas också över hela världen. Tillverkning av fosforgödselmedel utgår oftast från fosfatmineral som används för att producera fosforsyra. Kaliumsalt är grunden för kaliumgödselmedel. Kaliumsalt bryts ofta i dagbrott, men även gruvor under jord förekommer. I gödsel fabriken omvandlas grundråvaran via kemiska processer till önskad kemisk förening och den blandas därefter eventuellt med andra ingredienser för att åstadkomma önskad

gödselmedelsprodukt. Tillverkningsmetoden för att producera gödningskornen påverkar gödselmedlets spridningsegenskaper. (Se bilaga 1)

Flera regelverk är relevanta för gödselmedel: Regler om tillåtet innehåll i gödselmedel finns när det gäller kadmiuminnehåll i mineralgödsel och avloppsslam som sprids på åkermark. Det finns gränsvärden för tillförsel av tungmetaller till marken vid spridning av avloppsslam på jordbruksmark. Det finns även krav på hygieniserande behandling för vissa animaliska biprodukter. Om ett avfall ska användas som råvara krävs en bedömning från berörd myndighet av huruvida vissa kriterier i miljöbalken uppfylls. Det finns också flera EU-regelverk, såsom ett avloppsreningsdirektiv, ett direktiv om användning av avloppsslam i jordbruket, ett nitratdirektiv och en förordning om gödselprodukter. (En mer utförlig beskrivning finns i bilaga 1 och 2)

2.2 Den nationella studien

I den nationella studien (bilaga 2) identifieras följande resursflöden i Sverige som kan bidra med råvara för produktion av gödselmedel:

- Restprodukter från gruvindustri
- Fixering av kväve från luft
- Restprodukter från industriproduktion
- Restflöden från pappersmassabruk
- Avloppsvatten
- Vidareförädling av rötrest från biogasanläggningar (biogödsel)
- Slaktrester
- Avfallsaskor

De initiativ till gödselmedelsproduktion som studeras är verksamma inom ett eller fall flera av ovanstående resursflöden. Storleken på planerad produktionsvolym varierar. Några av initiativen är redan verksamma på marknaden.

Något som bör nämnas är att inte alla initiativ producerar ett gödselmedel färdigt att använda för lantbrukaren, utan i en del fall produceras en råvara som kan användas för tillverkning av ett gödselmedel. Några initiativ har heller inte den tänkta köparen av produkten i Sverige, utan köparen av den produkt som produceras kan finnas i utlandet. Några initiativ har redan en produkt på marknaden men flertalet räknar med marknadsintroduktion (kommersialisering) någon gång under perioden 2023-2030. I en del fall handlar projekten om en pilotanläggning eller att affärsidéen går ut på att sälja själva tekniken. Tabell 2 ger en översikt över de initiativ som presenteras i bilaga 2.

Tabell 2. Initiativ som beskrivs i den nationella rapporten, ordnade efter tidpunkt för uppskattad realisering/kommersialisering

Initiativ	Beskrivning	Näringsämnen och uppskattade potentialer	Realisering/kommersialisering
Biototal	Använder ammoniumsulfat som bildas som restprodukt från stålproduktion (även aktiva inom distribution av slam)	ca 420 ton N /år ca 480 ton S /år Begränsad framtida potential i Sverige i och med stålindustrins omställning.	Kommersialiserad
Gyllebo Gödning	Kvävegödsel från slaktrester	Ca 30 000 ton produkt/år med ca 3 000 ton N och 1000 ton P, samt mindre mängder av andra näringsämnen.	Kommersialiserad
Ekoväx	Tillverkar pellets från slaktrester, vinass och kaliumsulfat	Säljer idag 12–15 000 ton pellets per år med olika sammansättning, till exempel NPK 10-3-1	Kommersialiserad
Purac	Biopellets från röstrest	1 800 ton biopellets NPK 7-1-3 samt magnesium, svavel, kalcium och andra mikronäringsämnen	Kommersialiserad
DiaPure	Har utvecklat ett filtermaterial som är designat för fosforretention	Reningsverk: 500 ton P/år Våtmarksfilter: 1 – 10 kg P/hektar och år Enskilda avlopp: ca 1,5 kg P/5pr och år	2022/2023: 35 ton filtermaterial/år 2024: 150 ton filtermaterial/år 2025: fosforåtervinnings-teknik
NSVA	Anläggning som utvinner näringsämnen ur klosettatten och kvarnat matavfall	31 ton ammoniumsulfat (21% kväve) och ca 5,7 ton struvit (12% fosfor)	I drift men inte i full produktion ännu
C-green	Omvandlar bioslam från pappersmassa till hydrokol och möjliggör återvinning av fosfor och kväve	3000 ton TS hydrokol per år med 100 ton N, 50 ton P och 3 ton K. Ca 45% kol	I drift i Finland men inte fullt kommersialiserad produkt
Ekobalans	Utvinner kväve och fosfor i form av ammoniumsulfat och struvit från biogödsel. Tekniken kan även användas på avloppsvatten	2023: totalt 2000 ton pellets/år NPK 9:1:1 2028: totalt 40 000 ton pellets/år NPK 9:1:1, dvs. 3 600 ton N, 400 ton P och K	2023
C-green	Omvandlar slam från avloppsreningsverk till hydrokol och ammoniumsulfat	3500 ton TS hydrokol per år med 90 ton N, 120 ton P och 27 ton K. Ca 30% kol. Ytterligare 100 ton kväve i form av ammoniumsulfat	2023
EasyMining: Ash2Salt	Kalium ur flygaska från avfallsförbränning	3500 ton kaliumklorid per år	2023

Initiativ	Beskrivning	Näringsämnen och uppskattade potentialer	Realisering/kommersialisering
NitroCapt	SUNIFIX-tekniken utvinnet kväve med hjälp av vatten, luft och el	2023: 110 ton N/år 2024: 4 400 ton N/år	2023: Första anläggningen 2024: Andra anläggningen 2025: ytterligare anläggningar
Sanitation 360	Utvinner kväve från separerat urin	2024: 9 ton N/år	2024
Cinis Fertilizer	Förädlare restprodukter från massa- och pappersindustrin och elfordonsbatteriindustrin, importerar kaliumklorid	2024: 100 000 ton kaliumsulfat/år 2028: 900 000 ton kaliumsulfat/år	2024: Första anläggningen 2028: 2-4 ytterligare anläggningar
EasyMining: Aqua2N	Kväve fångas upp av en utfällningskemikalie och separeras från avloppsvattnet	2000 ton ammoniumsulfat/år ger 420 ton N/år (1 fabrik)	2025
EasyMining: Ash2Phos	Utvinner fosfor ur förbränt slam	15 000 ton kalciumfosfat per år, 2 600 ton P, från en anläggning	2025/2026
LKAB	Utvinning ur anrikningssand	500 000 ton fosfor/år	2027
Group Fertiberia	Tillverkning av ammoniak genom elektrolys	1 000 000 ton gödselmedelsprodukter (sammansättning okänd)	2027/2028
INITIATE	Producerar urea ur överskottsgas från ståltillverkning	66 000 ton urea/år och stålverk	2030, begränsad framtida potential i Sverige i och med stålindustrins omställning.
Övriga initiativ:			
Ett svenskt energibolag och ett par kommuner tittar tillsammans på möjligheten att bygga en anläggning för monoförbränning av rötslam med utvinning av fosfor			
Kväve från vätgastillverkning, sekretessbelagt initiativ			
More Biogas, forskningsprojekt att separera fosfor ur biogödsel från samrötningsanläggning, inte kommersialiserad produkt			

Källa: Tabellen är hämtad från bilaga 2, där det finns mer detaljerad information om initiativen.

2.2.1 Slutsatser från den nationella studien

Ramboll har identifierat ett femtontal initiativ inom åtta olika resursflöden som på olika sätt skulle kunna bidra till att stärka eller utveckla en inhemsk gödselmedelsproduktion. Gemensamt för alla initiativ är att de behöver olika tillstånd, men att de kan ha olika svårt att få dessa beviljade. Exempelvis har EasyMining nekats tillstånd för sin Ash2Phos-anläggning i Helsingborg vid två tillfällen. Möjligheten att få miljötillstånd för produktionen är potentiellt en begränsande faktor för att flera av initiativen ska kunna realiserats inom en

tioårsperiod. Får initiativen inte de tillstånd de behöver blir det således ingen inhemsk gödselmedelsproduktion.

Tillgången på el i Sverige, fossilfri el och priset på el kan begränsa flera av möjligheterna till inhemsk gödselmedelsproduktion. Det är inte förutbestämt vilka industriella projekt som kan få tillgång till den fossilfria el som produceras, då det samtidigt kommer att vara många stora industriinitiativ som behöver el.

Lagstiftningen kan vara begränsande för affärsidéer som bygger på att förädla restprodukter. När det gäller vissa flöden är bedömningar om avfall upphört att vara avfall centrala. Bedömningar om avfall upphört att vara avfall genomförs av tillsynsmyndigheter med varierande erfarenhet, sakkunskap och inställning och utan att det finns en gemensam bedömningsgrund. Varje tillsynsmyndighet måste tolka miljöbalkens kriterier om när avfall upphör att vara avfall och fatta ett beslut utifrån det. Detta kan medföra att olika bedömningar av samma avfallsfraktioner görs beroende på var i landet verksamhetsutövaren befinner sig. För att undvika detta och för att skapa en större marknad för cirkulära näringsämnen så kan EU-gemensamma eller nationella kriterier för när avfall upphör att vara avfall vara en väg framåt. Detta skulle skapa tydlighet både för verksamhetsutövare och myndigheter.

2.2.1.1 Initiativ med stor potential

Några av initiativen är mycket stora vad gäller framtida potential, såsom fosfor från restprodukter från gruvindustrin, vätgasproduktion och användning av restprodukter från industriproduktion. Två av initiativen (LKAB och Group Fertiberia) skulle teoretiskt sett kunna tillgodose det svenska behovet av kväve och fosfor. Dessutom har själva resursflödena, oavsett om det idag finns initiativ, en mycket stor potential (gruvavfall) eller närmast oändlig potential (vätgasproduktion för produktion av kvävegödselmedel). Utöver LKAB och Group Fertiberia finns det två andra initiativ som skulle kunna bidra inom kväveproduktion men det finns inte lika mycket information tillgängligt om dessa två initiativ. Generellt strävar företagen i de nämnda initiativen efter att använda förnybara insatsvaror i sina processer. De olika initiativen förutsätter dock att de stora mängderna fossilfri el som efterfrågas kan tillgodoses från elnätet. Dessutom krävs miljötillstånd som i vissa fall kan vara svåra att erhålla.

Vad gäller kalium tar Cinis Fertilizer vara på natriumsulfat från batteritillverkning men importerar kaliumklorid som skulle kunna användas som gödselmedel direkt i lantbruket. Därmed blir det ingen nettotillförsel av kalium på grund av detta initiativ. Slutprodukten kaliumsulfat används för specialiserade klorvätska grödor – i Sverige kan det passa för exempelvis potatis och jordgubbar – och kommer inledningsvis att säljas utomlands.

2.2.1.2 Initiativ som kan vara skalbara

Tre andra initiativ som också har djupstuderats har sina ursprung i resursflödena restflöden från pappersmassabruk, avloppsvatten och rötresten från biogasanläggningar. Dessa initiativ har tekniker för att ta tillvara näringsämnen i bioslam (C-green), avloppsvatten och förbränt slam (EasyMining) samt avvattnat och torkat rötslam (EkoBalans). Om sådana initiativ återupprepas på många ställen kan det under vissa förutsättningar skapa betydande volymer.

Flera initiativ satsar på att sälja sin teknik till reningsverk. För att dessa ska bli skalbara bygger det på att reningsverken ska besluta sig för att göra den aktuella investeringen. Oavsett hur bra och användbara produkter som kan tillhandahållas för lantbruket, är det alltså inte säkert att det kommer framställas några gödselmedel från detta resursflöde. Det är inte självklart att de ska göra investeringen, det beror på hur reningsverkens uppdrag utformas framöver. Reningsverkens uppdrag är i nuläget att rena inkommande avloppsvatten från kväve och fosfor så att de inte ska hamna i recipienten, det är inte inriktat på att man vill producera gödselmedel. Kostnaden behöver vara motiverad ur reningsverkets perspektiv. Ramboll bedömer att eventuella förändringar kring reningsverkens uppdrag kommer att påverka vilken potential som initiativen har och hur skalbara de blir.

2.2.1.3 En starkare värdekedja kan skapas

De företag som studerats har i viss mån grupperat sig i konstellationer som konkurrerar mer än de samverkar. Rambolls bedömning är att det finns flera möjligheter att köpa insatsvara från ett initiativ och sedan förädla den i ett annat, i stället för att importera. EasyMining kunde exempelvis sälja kaliumklorid utvunnet från inhemska resursflöden till Cinis Fertilizer som sedan kunde sälja kaliumsulfat till bland annat Ekoväx. Att samordna initiativ skulle kunna skapa starka och konkurrenskraftiga värdekedjor inom gödselmedelsproduktion.

2.3 Den internationella studien

I rapporten för EU, Norge och Storbritannien (bilaga 3) kartläggs initiativ med olika tekniker för gödselmedelstillverkning. Totalt identifieras 42 olika initiativ. Ungefär hälften av initiativen har avloppsslam som bas. I många av initiativen utvinns ett eller flera enskilda näringsämnen (enskilda kemiska föreningar) från organiska restprodukter/avfall. I andra initiativ utnyttjas aska från förbränning av avloppsslam som ett gödselmedel, efter viss behandling. En del av initiativen resulterar i en organisk produkt som exempelvis biokol. En handfull av initiativen arbetar med fixering av kväve från luft.

Majoriteten av de identifierade initiativen består av företag som har utvecklat eller utvecklar en teknik eller insatsvara till produktion av gödselmedel. Det är endast enstaka företag som uppger att de kan exportera en färdig gödselprodukt till

Sverige. Tekniken eller insatsvaran kan däremot importeras till Sverige. För att det ska ske behövs både verksamheter som är villiga att implementera tekniken på den svenska marknaden och/eller företag som använder den resulterande insatsvaran för att producera ett användbart gödselmedel. Dessutom behövs tillgängliga råvaror inom det relevanta resursflödet.

Fosfor är en utmaning i hanteringen av avloppsvatten och fosfor är det vanligaste näringsämnet som utvinns med hjälp av de tekniker som kartlagts. Att kartläggningen innehåller flest fosfor-initiativ kan bero på att det finns flest initiativ på detta område men det kan också bero på att Ramboll råkat finna mer information om just fosforinitiativ. Ramboll identifierar däremot bara ett fåtal tekniker som utvinnet mikronäringsämnen. Det är ändå troligt att det finns mikronäringsämnen i produkten hos många av de tekniker som identifierats.

Alla resursflöden identifierade i den internationella studien återfinns i den nationella studien förutom ett initiativ med teknik inom koldioxidinfångning (carbon capture).

De internationella initiativen är i de flesta fall verksamma i liknande resursflöden som initiativen i den nationella studien. Att ungefär samma restprodukter används som i de svenska initiativen är positivt på flera sätt. Framför allt kan teknik från utlandet öka möjligheterna att utnyttja de resursflöden som finns tillgängliga i Sverige, vilket i sin tur kan öka tillgänglighet av gödselmedel för svenska lantbrukare. Att importera internationella tekniker till Sverige skapar också en konkurrens på marknaden, vilket är positivt ur effektivitetssynpunkt eftersom det stimulerar till ytterligare teknikutveckling.

Det finns mycket begränsad information om teknikernas miljöpåverkan. En övergripande observation är att de tekniker som förbränner slam ofta kan återanvända överskottsvärme från förbränningen och samtidigt skapa överskottsenergi som kan användas som fjärrvärme. I övrigt uppger många företag att deras teknik kan/bör använda sig av fossilfri energi och att norra Sverige kan vara en lämplig plats för detta. Samtidigt planeras många industriprojekt i norra Sverige just nu, där konkurrensen om elförsörjning förväntas att bli hård. Informationen om processkemikalier är begränsad, vilket har gjort det svårt att få en övergripande förståelse för teknikernas miljöpåverkan.

3 Diskussion

3.1 Det finns råvara inom landet

Genomgången av resursflöden och initiativ visar att det finns resursflöden inom landet som kan utgöra råvara eller användas för att producera råvara till gödselmedelsproduktion. För kväve och fosfor finns grundförutsättningar för att kunna producera hela Sveriges behov av mineralgödsel och mer därtill; detta i form av tillgång på el för vätgasproduktion respektive tillgång på fosforrikt gruvavfall. Därtill finns möjligheter att i högre utsträckning utnyttja kväve och fosfor i diverse restprodukter som uppkommer i samhället, såsom avloppsvatten, slam från reningsverk, biprodukter från industriproduktion samt aska.

Exempelvis skulle det kväve som finns i inkommande avlopp till kommunala reningsverk kunna ersätta ungefär 20 procent av det mineralgödselkväve och 30 procent av den mineralgödsel fosfor som årligen importeras. I dagsläget är det bara en dryg tiondel av det kväve och hälften av den fosfor som inkommer till reningsverken som hamnar på åkermark.

Avseende biprodukter från industriproduktion har vi ingen uppfattning om hur stor den totala potentialen är men de studerade initiativen tyder på att potentialen kan vara betydande.

När det gäller kalium har de studerade initiativen inte potential att bidra med lika mycket växtnäring av inhemskt ursprung som vad gäller kväve och fosfor. I huvudsak är det via organiska gödselmedel samt aska som de studerade initiativen kan tillföra eller återföra kalium till jordbruket. Det finns dock flöden av kalium inom landet som i högre grad skulle kunna utnyttjas. Det kalium som finns i avloppsvatten utnyttjas nästan inte alls idag men mängden motsvarar någonstans mellan en tredjedel och hälften av det kalium som finns i importerad mineralgödsel. Hittills har det inte ansetts motiverat att återvinna kaliuminnehållet i avloppsvatten. Merparten av kaliumet i avloppsvatten kommer från människourin. Urin beräknas också stå för merparten av kväveinnehållet och närmare två tredjedelar fosforinnehållet i klosettwater (Jönsson, 2019).

Enligt Jönsson (2019) finns det därtill kaliummängder tillgängliga i biobränsleaska vilka överstiger kaliuminnehållet i importerad mineralgödsel. Biobränsleaska innehåller även fosfor. Biobränsleaska sprids i nuläget ofta som näringsåterföring till skogen, baserat på riktlinjer från Skogsvårdsstyrelsen.

Svavel är som nämnts ett gödselmedel som till stor del behöver tillföras marken varje år. Inget av de svenska initiativen har produktion av svavelgödselmedel som huvudinriktning men några initiativ producerar ett sulfathaltigt gödselmedel, som bidrar med svavel. Även initiativ som producerar organiska gödselmedel bidrar i

viss mån med svavel. Det ska också nämnas att LKAB:s planerade fosforsyraproduktion kommer att resultera i den svavelhaltiga restprodukten gips, precis som de flesta andra fosforsyrafabriker. Gips innehåller både svavel och kalcium och kan användas som svavelgödselmedel och jordförbättringsmedel. Gips brukar dock, på grund av bristande lönsamhet, sällan användas som gödselmedel och så är heller inte LKAB:s tanke (LKAB, 2022).

Från den första januari 2024 skärps kraven på källsortering och återvinning av livsmedels- och köksavfall. Det finns också ett etappmål inom miljömålssystemet som säger att 2023 ska minst 75 procent av matavfallet från hushåll, storkök, butiker och restauranger sorteras ut och behandlas biologiskt så att växtnäring och biogas tas tillvara. Naturvårdsverket (2021a) bedömer att om etappmålet uppnås skulle det leda till en ökning av utsorterad mängd från 490 000 ton till 900 000 ton. Detta skapar förutsättningar för bland annat ökad mängd biogödsel från biogasanläggningar, vilken kan användas som gödselmedel direkt eller förädlas inom något initiativ för gödselmedelsproduktion. I dagsläget bidrar biogasproduktionen i samrötningsanläggningar³ med betydligt mer kväve och kalium än vad som återförs från avloppsvatten till jordbruket. Hur mycket biogödsel som kommer att produceras i framtiden styrs i hög grad av hur lönsamheten i att producera biogas kommer att utvecklas.

Den internationella studien (bilaga 3) visar att det finns ännu fler tekniker tillgängliga för att producera gödselmedel baserat på restprodukter. Som nämnts ovan är det tänkbart att utländsk teknologi kan skapa ytterligare möjligheter att utnyttja inhemsk råvara för gödselmedelsproduktion.

3.2 Flera faktorer kan hindra eller fördröja inhemsk gödselmedelsproduktion

Att det finns faktorer som kan hindra eller fördröja initiativen har framkommit i såväl genomgången av svenska initiativ som i uppdragets referensgrupp. Vi har identifierat fyra huvudkategorier av begränsande faktorer, nämligen:

- Att få de tillstånd som krävs
- Att få anslutning till elnätet
- Det framtida priset på el i norra Sverige
- Regelverken kring bland annat användning av avfall som råvara för gödselmedelsproduktion och gödselmedlens tillåtna innehåll av oönskade substanser

På kort sikt begränsas initiativen främst av möjligheten att få olika former av tillstånd för verksamheten samt, för de större initiativen, möjligheten att få en

³ Samrötningsanläggningar är biogasanläggningar förutom de gårdsanläggningar som enbart använder stallgödsel som råvara i biogasproduktionen.

elanslutning för önskat effektuttag. I synnerhet initiativen inom kvävegödselproduktion kräver stora mängder el men även initiativ för att producera andra växtnäringsämnen är ofta elintensiva. För elintensiva initiativ blir elpriset en avgörande faktor för produktionens långsiktiga lönsamhet.

Problemen med nuvarande regelverk är dels att regelverken inte utformats med tanke på återanvändning av resurser, dels att otydliga regelverk eller avsaknad av regelverk kan skapa osäkerhet för företag som vill investera i gödselmedelsproduktion.

3.2.1 Tillstånden tar tid

Tillståndsfrågan handlar främst om olika former av miljötillstånd. För att få bedriva miljöfarlig verksamhet eller vattenverksamhet krävs ofta tillstånd. Om verksamheten har stor påverkan på mark och miljö är det Mark- och miljödomstolen som prövar ansökan.

I arbetet med uppdraget har det framkommit att processen med att få dessa tillstånd tar flera år, i vissa fall upp till 10 år. Det förekommer att tillstånd nekas, exempelvis på grund av för stor påverkan på vattenkvaliteten. Huruvida tillståndsprocesserna tar rimligt lång tid har vi inte studerat inom föreliggande uppdrag; vi kan enbart konstatera att tillståndsprocesserna kan vara tidsödande och utfallet svåröversägbart. Detta innebär risker för de företag som vill satsa på gödselmedelsproduktion, vilket kan få till följd att i grunden lönsamma projekt inte förverkligas.

Syftet med kraven på miljötillstånd är undvika negativa miljöeffekter men de studerade initiativen bidrar samtidigt med positiva miljöeffekter. Här ser vi tydligt att det finns målkonflikter mellan olika miljöintressen. Å ena sidan bidrar de studerade initiativen med positiva miljöeffekter i form av minskad klimatpåverkan, minskat behov av brytning av ändliga resurser samt att näringsämnen recirkuleras i stället för att exempelvis hamna i havet, i luften eller på deponi. Å andra sidan kan negativ miljöpåverkan av de planerade produktionsanläggningarna uppstå i form av utsläpp till luft och vatten eller i form av ingrepp i naturen. I gödselmedelsproduktionen kan det också tänkas uppstå miljöskadliga restprodukter som behöver tas om hand.

Något som försvårar möjligheten att väga samman olika miljöeffekter vid tillståndsgivningen är den s.k. Weserdomen. Weserdomen rör tillämpningen kvalitetsnormerna för vatten i EU:s vattendirektiv⁴. EU-domstolen ansåg här att en verksamhet som medför en försämring av ett vattens ekologiska eller kemiska status eller äventyrar uppnåendet av målen avseende dessa kvalitetsnormer inte får tillåtas (Havs- och vattenmyndigheten, 2016). Det finns vissa möjligheter till

⁴ Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område.

undantag vid tillståndsgivningen men däremot förefaller det inte finnas möjligt att fatta beslut utifrån en sammanvägning av samtliga miljöeffekter av en verksamhet.

3.2.2 Kö för att få ansluta till elnätet

De mest elkrävande initiativen har elbehov som kan motsvara flera procent av Sveriges nuvarande elförbrukning. Samtidigt planeras just nu många andra elkrävande industrisatsningar i norra Sverige, utöver gödselmedelsproduktion. Vattenfall har en kö med förfrågningar i elområde 1 som omfattar en volym större än hela den nuvarande svenska elförbrukningen (Adolfsson, personligt meddelande). Tyngdpunkten ligger på projekt som vill ha anslutning 2024-2032. Listan är inte officiell men det är känt att LKAB och Fertiberia ligger i Vattenfalls kö (Jalvemo, personligt meddelande). I början av 2023 var bedömningen att bara en mindre del av förfrågningarna om elanslutning kommer att kunna mötas (Adolfsson, personligt meddelande; Jalvemo, personligt meddelande).

Det behövs stora investeringar i elledningar och tillhörande anläggningar för att kunna ansluta de planerade industriprojekten. Att åstadkomma detta tar tid och därför är det kö för att få en elanslutning. Ledtiden från att man identifierar ett behov av en kraftledning till den är i drift har normalt varit 12-15 år men Svenska kraftnät arbetar nu utifrån ambitionen att halvera ledtiden (Svenska kraftnät, 2022).

Företagen ansöker normalt om nätanslutning till regionnäten. Regionerna beställer i sin tur kapacitet av Svenska kraftnät (Jalvemo, personligt meddelande). I båda fallen tillämpas kösystem som i huvudsak bygger på principen ”först till kvarn”.

En fråga som dykt upp under uppdraget är om projekt med stor samhällsnytta skulle kunna få förtur till en elanslutning. Svenska kraftnät har nyligen i ett regeringsuppdrag undersökt möjligheten att justera turordningsreglerna för anslutning (Svenska kraftnät, 2023). Man konstaterar där att såväl svensk som europeisk lagstiftning kräver att anslutning till elnätet tilldelas enligt objektiva och icke-diskriminerande kriterier. Därmed finns ingen möjlighet styra vilka som först ska få anslutning utifrån exempelvis projektens samhälls- eller miljönytta. Svenska kraftnät arbetar dock med vissa justeringar av kösystemet inom lagstiftningens ramar, såsom att projekten måste ha nått en viss mognadsgrad för att få ansöka och att anslutningar som ryms inom befintligt nät inte ska behöva vänta.

3.2.3 Elkostnaden avgörande för kväveproduktion i norr

Många av initiativen är elkrävande och i synnerhet de inom kvävegödselproduktion. För initiativen inom kvävegödselproduktion är det två huvudfaktorer som på sikt kommer att avgöra om produktionen kommer att kunna bedrivas med lönsamhet: Det framtida elpriset och priset på de gödselmedel som produceras. En tillkommande utmaning för de elektrolysbaserade initiativen är att sådan produktion kräver mer energi än den traditionella metoden att använda naturgas för att producera grundråvaran till kvävegödsel.

Priset på kvävegödselmedel styrs i grunden av världsmarknadspriserna på råvaror och enkla gödselmedel som exempelvis ammoniak och urea. På medellång sikt kan priset på kvävegödsel inom EU tänkas hållas uppe ifall naturgasbaserad produktion inom unionen bortfaller permanent på grund av att dyr naturgas. Gödselmedlens kvalitetsegenskaper eller att produktionen är fossilfri kan också skapa möjligheter för en gödselmedelsproducent att ta ut en prispremie på den gödsel som säljs. I vilken mån det går att ta ut en prispremie för fossilfri gödsel påverkas i sin tur av om det går att ta ut ett merpris på marknaden för jordbruksprodukter producerade med fossilfria insatsvaror.

Huvudanledningen till att så många nya industriprojekt planeras i norra Sverige är god tillgång till grön (fossilfri) el till ett pris som är förmånligt jämfört med andra lokaliseringar inom EU. Flera faktorer talar emellertid för att elpriset i norr kan komma att förändras. Mångdubblad elförbrukning i norra Sverige i kombination med ökad överföringskapacitet mot södra Sverige och vidare mot Tyskland kommer på sikt att skapa en press uppåt på elpriset i norr.

I den andra vågskålen finns omfattande planer på vindkraftsutbyggnad. I Svenska kraftnäts systemutvecklingsplan 2022-2031 framgår att de fram till september 2021 hade mottagit ansökningar om anslutning av vindkraft om 170 GW (Svenska kraftnät, 2021). Av dessa planerade 170 GW är 116 GW havsbaserad vindkraft, varav endast 9 GW planeras i elområde 1. Svensk vindenergi (2023), som har något nyare siffror, anger att för hela Sverige befinner sig ca 85 GW planerad vindkraft i tillståndprocessen. De planerade vindkraften kan jämföras med att det 2021 fanns 41 GW installerad produktionseffekt i Sverige, sammantaget för alla energislag.

Vindkraftsutbyggnaden påverkas, precis som de planerade industriprojekten, av möjligheterna att få erforderliga miljötillstånd och att få anslutning till elnätet. Svenska kraftnät (2021) uppger att tillståndprocesserna för att bygga ut elnätet normalt är väsentligt längre än motsvarande processer för tillståndsgivning och uppförande av vindkraftsanläggningar.

Genom den höga kapitalintensiteten i vindkraft är utbyggnadstakten räntekänslig, vilket gör att den fortsatta inflationsutvecklingen i Sverige och andra länder kan påverka utbyggnadstakten och därmed elpriset.

Utbyggd överföringskapacitet mot Finland (Svenska kraftnät, 2021) kan också inverka på det framtida elpriset, liksom takten i vindkraftsutbyggnaden på den finska sidan. På längre sikt, efter 2030, kan utbyggnad av andra energislag få betydelse för elprisets utveckling.

Sammantaget är det svårt att sia om det framtida elprisets utveckling men det mesta talar för att den hittillsvarande skillnaden i elpris mellan norra och södra Sverige kommer att minska.

3.2.4 Regelverken går att förbättra

En hållbarhetsmässig utmaning är att nuvarande lagstiftning inte är utformad med tanke på att underlätta återcirkulation av resurser i samhället.

För att avfall ska få användas som råvara i en produktion måste den upphöra att vara avfall. Ett problem som lyfts fram i den svenska studien (bilaga 2) är att det i lagstiftningen saknas tydliga kriterier för när avfall upphör att vara avfall. Följden är att myndigheternas tolkning av regelverket kan variera från fall till fall. Ett företag kan därför inte på förhand bedöma om deras idé är tillåten eller inte, vilket riskerar leda till onödiga kostnader eller att företagen avstår från att realisera sin affärsidé. Liknande synpunkter har framförts i uppdragets referensgrupp. En slutsats är därför att det finns anledning att överväga införande av nationella eller EU-gemensamma regler för när avfall upphör att vara avfall, så kallade end-of-waste-kriterier. Naturvårdsverket (2021b) skriver att det kan vara aktuellt att införa sådana kriterier men vill först invänta vissa pågående aktiviteter och diskutera mer med branschaktörer och tillsynsmyndigheter i Sverige.

Användning av restprodukter för gödselmedelsproduktion innebär hög risk för att det producerade gödselmedlet innehåller oönskade substanser. I nuläget finns det enbart en begränsning av innehållet av kadmium i mineralgödsel och avloppsslam. Därutöver finns gränsvärden för tillförsel av tungmetaller till marken vid spridning av avloppsslam på jordbruksmark samt regler för hygieniserande behandling för vissa animaliska biprodukter. Dessa regelverk är föråldrade och har delvis ersatts av frivilliga regler inom Revaq-certifieringen för avloppsslam. I framtiden kan vi förvänta oss att gödselmedlen baseras på en betydligt bredare flora av råvaror som kan innehålla en bred flora av oönskade substanser. Detta kan innebära såväl miljö- som hälsorisker. Därför ser vi ett behov av en översyn av de minimikrav som gödselmedel måste uppfylla. Tydliga och enhetliga krav skulle också kunna skapa förutsägbarhet för nya gödselmedelsproducenterna och förenkla för dem som köper in gödselmedel.

I både den nationella studien och i uppdragets referensgrupp nämns att det inte ingår i uppdraget för kommunala avloppsreningsverk att återcirkulera de resurser som finns i avloppsvattnet. Avloppsslam och andra restprodukter är mer av ett kvittblivningsproblem för reningsverken som behöver lösas till lägsta kostnad. Detta kan tänkas hämma recirkulation av den växtnäring som finns i avloppsvattnet och det bidrar till nuvarande situation där en stor del av slammet används till anläggningsjord eller hamnar på deponi.

Förslag om att förbjuda spridning av avloppsslam på åkermark i kombination med krav på fosforutvinning ur slammet analyserades i SOU 2020:3. Den utredningen drog slutsatsen att ett spridningsförbud inte kan motiveras enbart utifrån risker förknippade med oönskade ämnen i slammet. Man menar att det i stället krävs ett

vidare perspektiv där även mullämnena och andra näringsämnen återförs till jordbruket.

Utöver regler om vad gödselmedlen får innehålla och end-of-waste-kriterier har vi i uppdraget noterat flera andra förslag på tänkbara regler, med syfte att återcirkulera mer av den växtnäring som hamnar i avloppsvattnet. Förslagen handlar om allt från kvotplikt med krav på reningsverken att återvinna en viss andel av växtnäringen, till krav på urinseparering redan i toaletterna för att från början undvika att näringsämnena späds ut med förorenat avloppsvatten. Vi analyserar dock inte dessa förslag vidare utan nöjer oss med att konstatera att det finns olika former av åtgärder och styrmedel som kan bidra till ökad återcirkulation, utöver den återcirkulation som kommer tillstånd på marknadsmässig väg inom nuvarande regelverk.

3.3 Beredskapsperspektivet

Primärt är jordbrukets roll att försörja befolkningen med mat. Det är samtidigt ett samhällsintresse att undvika brist på livsmedel i situationer då import från andra länder hotas. Det kan till exempel ske genom lagerhållning och genom att upprätthålla en produktion även i lägen då försörjningen inte hotas.

Livsmedelsproduktionen är starkt beroende av att det finns tillgång på insatsvaror. Utan tillgång till importerade gödselmedel riskerar en inte oväsentlig del av en årsproduktion i svenskt jordbruk att falla bort.

Ur ett beredskapsperspektiv underlättar det om ett gödselmedel är koncentrerat och transporterbart. Metson m.fl. (2020) har genom modellberäkningar visat att potentialen i att flytta stallgödsel och biogödsel (rötrest från biogasanläggningar) inom landet kan vara betydande. Långväga transport är dock kostsam på grund av låg koncentration av växtnäring. Flera av initiativen till gödselmedelsproduktion kan bidra till att minska dessa förflyttningskostnader genom att växtnäringen blir mer koncentrerad. I en situation med brist på importerad mineralgödsel kommer det därtill att bli lönsamt att flytta stallgödsel och rötrest längre sträcka, vilket gör att den i högre grad kan förväntas hamna där den gör bäst nytta. Därmed går det att i en bristsituation ersätta en del av den importerade mineralgödseln med ett effektivare utnyttjande av den växtnäring som finns tillgänglig inom landet.

Fram till mitten av 90-talet bekostade staten beredskapslager av bland annat gödselmedel och med olika stödformer upprätthölls en större odlad areal än vad som var motiverat för livsmedelsförsörjningen i fredstid. I viss mån kan även nuvarande jordbruksstöd anses bidra till livsmedelsberedskapen.

Arbetet med att stärka svensk livsmedelberedskap är i ett uppbyggnadsskede och det är i nuläget inte självklart vilken roll en inhemsk gödselmedelsproduktion kommer att ha. Ett möjligt alternativ är att kontinuerligt ha ett visst lager av gödselmedel inom landet.

Det är även viktigt att komma ihåg att det finns andra kritiska insatsvaror i livsmedelsproduktionen utöver gödselmedel. Inom jordbruket är exempelvis diesel en kritisk, importerad insatsvara. Genomgången av initiativ till gödselmedelsproduktion tyder också på att det i många fall förekommer importerade insatsvaror i gödselmedelsproduktionen. Sammantaget måste beredskapsfrågan därför ses i ett bredare perspektiv och kan inte avgränsas till enbart gödselmedelstillverkning.

4 Slutsatser

Rapporten visar att det finns en betydande potential för gödselmedelsproduktion i Sverige, i synnerhet för kväve och fosfor. Inom kväve och fosfor finns både de största initiativen och de resursflöden som kan bidra med störst mängd råvara (gruvavfall respektive kvävefixering från luft med hjälp av fossilfri el).

I viss mån kan de studerade initiativen bidra med tillförsel av kalium. Det finns dock tillgängliga resursflöden i landet med betydande innehåll av kalium, i form av avloppsvatten och aska. I nuläget utnyttjas kaliumet i avloppsvattnet nästan inte alls medan aska till viss del återförs till skogen. Inget av de studerade initiativen har produktion av svavelgödsel som huvudinriktning men i en del fall innehåller det producerade gödselmedlet svavel.

Flera faktorer kan förhindra eller fördröja att de planerade initiativen till gödselmedelsproduktion kommer till stånd. Dessa faktorer handlar dels om att överhuvudtaget kunna få en produktionsanläggning på plats, dels handlar de om osäkerhet kring vilka spelregler som kommer att gälla för verksamheten. Osäkra eller oklara spelregler kan göra att ett företag inte vågar göra en satsning och det kan också öka risken för att ta beslut som senare visar sig vara felaktiga.

4.1 Miljötillstånd och sug efter el bromsar utvecklingen

Det som kan fördröja eller förhindra att en produktionsanläggning etableras är dels att det kan ta många år att få miljötillstånd för verksamheten, dels att det är lång kö för att få elanslutning för energislukande industriproduktion. Det kan också vara svårt för företagen att bedöma om miljötillstånd eller elanslutning i slutändan kommer att erhållas, vilket skapar risker för de företag som vill etablera gödselmedelsproduktion. Det har också framgått att målkonflikter mellan olika miljömål kan uppstå och det är inte alltid som lagstiftningen tillåter en avvägning mellan olika miljömål. När det gäller möjligheten att få elanslutning kräver såväl svensk som europeisk lagstiftning att anslutning till elnätet tilldelas enligt objektiva och icke-diskriminerande kriterier.

Mycket talar för att elpriserna i norra Sverige inte blir lika förmånliga som de varit historiskt, vilket framför allt påverkar förutsättningarna för kvävegödselproduktion baserad på fossilfri el. Omfattande industrisatsningar i norra Sverige leder till mångdubblat elbehov i norr. Planerade vindkraftsprojekt kan potentiellt väga upp det ökade behovet av el men många av dessa satsningar avser havsbaserad vindkraft i södra Sverige. Samtidigt ökar överföringskapaciteten i elnätet inom landet och mot andra länder.

4.2 Regelverken om avfall och gödselmedel behöver ses över

Flertalet initiativ bygger sin verksamhet på att förädla olika former av restprodukter. I många fall klassas dessa restprodukter som avfall och avfall får inte utan vidare användas för produktion. Det krävs en individuell bedömning från berörd myndighet för att bedöma om det aktuella avfallet kan anses ha upphört att vara avfall. Utfallet av denna bedömning kan vara svårförutsägbart, på grund av att det saknas fastställda kriterier för när avfall upphör att vara avfall (så kallade end-of-waste-kriterier). Det kan medföra att företag som vill satsa på förädling av avfall inte på förhand kan bedöma om deras idé är tillåten. Jordbruksverket menar därför att det finns anledning att överväga om Sverige eller EU bör införa sådana kriterier.

Användning av restprodukter för gödselmedelsproduktion innebär hög risk för att det producerade gödselmedlet innehåller oönskade substanser, vilket kan medföra såväl miljö- som hälsorisker. Därför ser Jordbruksverket ett behov av en översyn av de minimikrav som gödselmedel måste uppfylla. Tydliga och enhetliga krav skulle också kunna skapa förutsägbarhet för nya gödselmedelsproducenter och förenkla för dem som köper in gödselmedel.

4.3 Slut kretsloppet mellan stad och land

Växtnäringen i avloppsvatten har i huvudsak sitt ursprung i jordbruket, via människornas urin och avföring. Återcirkulationen av denna växtnäring är liten i dagsläget, undantaget fosfor där ungefär hälften återförs till jordbruket via avloppsslam. Oönskade ämnen i avloppsvattnet är en orsak till låg återföringsgrad men det hör också till saken att det inte ingår i de kommunala reningsverkens uppdrag att återcirkulera växtnäring till jordbruket. Ett antal av de studerade initiativen kan bidra till bättre utnyttjande av näringen i avloppsvattnet.

Hållbarhetsmässigt framstår det som önskvärt med en avsevärt större återcirkulation av den växtnäring som hamnar i avloppsvattnet. Jordbruksverket bedömer att det behövs åtgärder från samhällets sida för att åstadkomma en högre grad av återcirkulation än den som uppstår på marknadsmässig väg - detta samtidigt som tillförseln av oönskade ämnen till åkermarken minimeras.

Referenser

Havs- och vattenmyndigheten. 2016. Följder av Weserdomen – Analys av rättsläget och sammanställning av domar. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2016:30, Göteborg.

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

LKAB. 2022. LKAB väljer Luleå för den cirkulära industriparken för fosfor och sällsynta jordartsmetaller. Pressrelease 3 maj 2022.

Metson, G.S., R. Feiz, N-H Quttineh och K. Tonderski. 2020. Optimizing transport to maximize nutrient recycling and green energy recovery. Resources, Conservation & Recycling: X 9-10 (2020) 100049.

Naturvårdsverket. 2021a. Uppdrag att föreslå genomförande av artikel 22 om bioavfall Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/98/EG i den svenska lagstiftningen – Redovisning av ett regeringsuppdrag. Skrivelse 2021-09-02, Ärendenr: NV-09062-20.

Naturvårdsverket. 2021. Avfall som resurs – Redovisning av ett regeringsuppdrag. Skrivelse 2021-11-25, Ärendenr: NV-00196-21.

SOU 2020:3. 2020. Hållbar slamhantering – Betänkande av Utredningen om en giftfri och cirkulär återföring av fosfor från avloppsslam. Statens offentliga utredningar. Norstedts juridik, Stockholm.

Svenska kraftnät. 2023. Hantering av förfrågningar om anslutning eller om utökat abonnemang – Analys av hantering av förfrågningar om anslutning eller om utökat abonnemang samt förbättringsåtgärder. Ärende nr: Svk 2022/2828, Datum 2023-02-24.

Svenska kraftnät. 2022. Svenska kraftnät vill investera över åtta miljarder vid Norrlandskusten. Pressmeddelande 18 januari 2022.

Svenska kraftnät. 2021. Systemutvecklingsplan 2022-2031 – Vägen mot dubblerad elanvändning.

Svensk vindenergi. 2023. Statistik och prognos – Q4 2022.
svenskvindenergi.org/statistik

Personliga meddelanden

Adolfsson, Andreas. Kraftsystemanalytiker regionnät, Vattenfall eldistribution.

Jalvemo, Maria. Programledare "Fossilfritt övre Norrland", division nät, Svenska kraftnät.

Bilaga 1

Kunskapsunderlag om gödselmedel

1 Växtnäringstillförsel i svensk växtodling

Följande avsnitt ger en introduktion till olika begrepp inom växtnäring och gödselmedel, till hur produktion av mineralgödsel går till samt till hur olika växtnäringsämnen och gödslingsmedel används av jordbrukare idag.

1.1 Grödornas behov och upptag samt praktisk användning

För att kunna ge höga skördar av god kvalitet behöver våra lantbruksgrödor ta upp varierande mängder av olika näringsämnen. Essentiella näringsämnen delas upp i makro- och mikronäringsämnen.

Makronäringsämnen behövs i stor mängd. I rapporten fokuserar vi på:

- Kväve (N) – ingår bland annat i klorofyll, proteiner, enzymer och vitaminer.
- Fosfor (P) – behövs för energiöverföring, rottillväxt, bestockning mm
- Kalium (K) – viktig för vätskebalans, torktålighet och vinterhärdighet
- Svavel (S) – används av grödan bland annat för syntes av aminosyror, proteiner och vitaminer

Mikronäringsämnen behövs i liten mängd. Dessa kan finnas i gödselmedlen som tillförs marken eller sprutas ut och tas upp via bladen. De två viktigaste är:

- Mangan (Mn) är viktigt för klorofyllsyntes, fotosyntes och ingår i enzymer
- Bor (B) har flera funktioner i växten. Det ingår i hormoner och membraner och är viktigt för bland annat tillväxt och frösättning.

1.1.1 Behovet av näring skiljer mellan grödor, fält och år

Hur mycket näringsämnen de olika grödorna behöver ta upp beror på skördepotential och önskad kvalitet. Behovet kan tillfredsställas dels genom markens leverans av näring och dels genom tillförd gödsling. När gödslingen planeras tar odlaren hänsyn till förväntad markleverans.

Kvävebehovet varierar mycket mellan olika grödor och skördenivåer. Tabell 1. visar riktvärden för kvävegödsling i olika stråsådesgrödor. Tabell 2. visar riktvärden för kvävegödsling till gräs- och klöverbullar. Givorna är menade som en utgångspunkt vid planering. Det totala behovet avviker oftast från riktvärdet, eftersom markens egen mineralisering varierar. Dessutom är det omöjligt att redan i början av säsongen förutsäga skördenivån, bland annat eftersom väderlek och andra mer eller mindre oförutsägbara faktorer påverkar skörd och mineralisering.

Även förfrukten och markens mullhalt påverkar potentialen för kväveleverans från marken och temperatur och nederbörd är avgörande för hur mycket kväve som verkligen frigörs från marken varje enskilt år. Därför måste grödan följas under växtsäsongen och planerad giva justeras efter årets förutsättningar. Med kväve gödslar odlaren ofta flera gånger under säsongen just för att möjliggöra anpassning av den totala mängden. Att dela gödselgivorna på flera minskar också riskerna för förluster genom utlakning och avgång till luft.

Tabell 1. Rekommenderad kvävegödsling till stråsäd, kg per hektar. Rekommendationerna ska ses som ett planeringsunderlag och totala givan justeras efter årets behov. (Källa: Rekommendationer för gödsling och kalkning 2023, Jordbruksinformation 15-2022.)

Gröda	Skörd (ton/ha)								
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Höstvete bröd			125	145	165	185	205	225	245
Höstvete foder			125	140	155	170	185	200	215
Rågvete/höstkorn			110	130	145	160	175		
Råg			5	115	130	145	160		
Vårvete ^{a)}		25	145	165	185	205			
Korn foder ^{a)}	50	75	90	105	120	135	150		
Korn malt ^{a)}		70	85	100	115	130	145		
Havre ^{a)}	45	65	85	100	115				

^{a)}Givorna till vårsäd avser radmyllning av gödsel. Vid bredspridning öka givan med ca 10 kg N/ha.

Tabell 2. Rekommenderad kvävegödsling till olika typer av gräs- och klövervall, kg per hektar. Gödslingen anpassas också efter odlingsintensitet och antal skördar per år. (Källa: Rekommendationer för gödsling och kalkning 2023, Jordbruksinformation 15-2022)

	Bärgad skörd (ton ts/ha)						
	6	7	8	9	10	11	12
Två skördar							
Gräsvall	130	150	170	190			
Blandvall, 10 % klöver	115	135	155	170			
Blandvall, 20 % klöver	90	105	120	135			
Blandvall, 40 % klöver	40	45	50	55			
Tre skördar							
Gräsvall		170	190	210	230	250	
Blandvall, 10 % klöver		150	170	185	205	225	
Blandvall, 20 % klöver		125	140	155	170	185	
Blandvall, 40 % klöver		75	85	95	105	110	
Fyra skördar							
Gräsvall		220	240	260	280	300	320
Blandvall, 10 % klöver		195	215	230	250	270	285
Blandvall, 20 % klöver		165	180	195	210	225	240
Blandvall, 40 % klöver		100	110	115	125	135	145

Svavelbehovet är relaterat till kvävebehovet. För stråsäd och vall är rätt förhållande i gödselmedlet mellan kväve och svavel ca 10:1. Oljeväxter har ett större svavelbehov och här krävs en gödsling med förhållandet ca 5:1.

Av kalium och fosfor innehåller marken ett mer stabilt förråd. Hur stort detta förråd är mäts genom att jordprover analyseras kemiskt. Jordarna klassificeras efter fosfor- och kaliuminnehåll i olika P-AL och K-AL klasser. Ju högre klass, desto mer näring och desto mindre gödsling behövs. När gödsling med dessa ämnen planeras utgår man från markförråd, gröda och förväntad skördenivå. Årligt behov av fosfor och kalium för några av våra viktigaste grödor redovisas i tabell 3. respektive tabell 4.

Tabell 3. Några gröders behov av fosforgödsling vid angiven skördenivå. Om högre eller lägre skörd förväntas räknas värdena om. P-AL anger markens innehåll av växttillgänglig fosfor. Ju högre klass, desto mer fosfor finns tillgänglig. (Källa: Rekommendationer för gödsling och kalkning 2023, Jordbruksinformation 15-2022

Gröda	Skördenivå (ton/ha)	Bortförsel av P (kg/ha)	Rekommenderad fosforgiva (kg/ha) vid olika P-AL-klasser					
			I	II	III	IVA	IV B	V
Vårsäd	5	17	25	20	15	5	0	0
Höstsäd	7	22	30	25	20	10	0	0
Våroljeväxter	2	14	30	25	15	10	0	0
Höstoljeväxter	3,5	25	40	35	25	15	0	0
Slättervall, ts	6	13-20	25	15	10	0	0	0
Fodermajs, ts	10	25 ^{b)}	35	30	25	20	15	15
Potatis ^{a)}	40	21	75	55	45	35	20	15
Sockerbetor	65	21 ^{c)}	60	45	35	25	10	0
Ärter/åkerböna	3,5	14-21 ^{d)}	20	15	10	0	0	0
Lin	2	10	15	10	5	0	0	0
Betesvall på åker			15	5	0	0	0	0

a)Rekommenderad giva räcker till en efterföljande gröda förutsatt att den totala fosfortillförseln i växtföljden är tillräckligt stor.

b)Avser majsensilage.

c)Endast betor, ej blast.

d)Den lägre siffran gäller ärter, den högre åkerböna.

Tabell 4. Några gröders behov av kaliumgödning vid angiven skördenivå. Om högre eller lägre skörd förväntas räknas värdena om. K-AL anger markens innehåll av växttillgängligt kalium. Ju högre klass, desto mer kalium finns tillgängligt. (Källa Rekommendationer för gödning och kalkning 2023, Jordbruksinformation 15-2022)

Gröda	Skördenivå (ton/ha)	Bortförsel av K (kg/ha)	Rekommenderad kaliumgiva (kg/ha) K-AL-klass				
			I	II	III	IV	V
Stråsäd ^{a)}	5	22	40	30	10	0	0
Våroljeväxter	2	16	40	30	10	0	0
Höstoljeväxter	3,5	28	55	45	25	10	0
Slåttervall vall I, ts	6	150	120	80	40	0	0
Slåttervall, vall II o äldre, ts	6	150	160	120	80	40	0
Fodermajs, ts ^{b)}	10	95	150	120	80	50	0
Potatis ^{c)}	40	200	300	250	200	150	0
Socketbetor ^{d)}	65	80-100	120	90	50	30	0
Ärter/ åkerböna	3,5	35	50	40	20	0	0
Betesvall på åker			40	20	0	0	0

a) Vid bortförsel av halm ökas givan med 20 kg K/ha (inte på lerjordar i K-AL-klass IV–V).

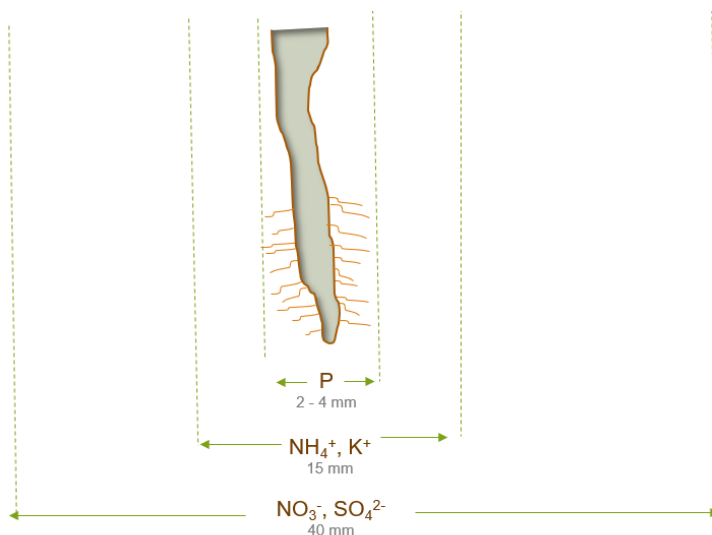
b) Avser majsensilage.

c) Vid odling av stärkelsepotatis minskas K-givan med 50–100 kg K/ha då kalium sänker stärkelsehalten.

d) Vid bortförsel av blast ökas givan med 75 kg K/ha i K-AL klass I och II samt med 40 kg K/ha i K-AL-klass III.

1.1.2 Så tas näringen upp

Näringsämnen tas huvudsakligen upp i jonform (som laddade partiklar) av rötterna. Vissa joner är lösta i markvätskan och transporteras lätt till rötterna. Andra binds i marken och är mindre rörliga. Mindre rörliga joner behöver finnas nära rötterna för att upptag ska kunna ske. Se figur 1.



Figur 1. Näringsämnena tas upp som joner (laddade partiklar). Vissa är lättlösliga och kan transporteras relativt långt i markvätskan, medan andra är mer orörliga. Fosfor, som tas upp i fosfatform, är relativt orörlig i marken och måste finnas nära rötterna

för att kunna tas upp. Kväve i nitratform däremot är ett exempel på en lätttrörlig jon, som kan transporteras längre för upptag.

Kväve kan tas upp som ammonium- eller nitratjoner (NH_4^+ eller NO_3^-). Ammoniumjonerna fastläggs lätt i jorden, medan nitratjonerna kan transporteras till rötterna lösta i markvätskan. I jorden sker succesivt omvandling från ammonium till nitrat med hjälp av mikroorganismer.

Fosfor tas upp i olika negativt laddade fosfatjoner. Dessa är relativt orörliga i marken och måste finnas nära roten för att upptag ska vara möjligt.

Kalium tas upp som en envärd positiv jon, K^+ , som liksom ammonium lätt fastläggs mellan de negativt laddade skikten i lerjordar.

Svavel finns löst i markvätskan, är lätttrörligt och tas upp som sulfatjon (SO_4^{2-})

Även mikronäring kan tas upp via rötterna som laddade partiklar.

1.1.3 Gödselmedel måste omvandlas för att kunna tas upp av grödan

När grödorna gödslas ingår näringsämnen i olika kemiska och organiska föreningar. Tillgängligheten av varje enskilt ämne varierar beroende på i vilken form det föreligger. Oftast behöver gödselmedlen omvandlas kemiskt och/eller biologiskt i marken för att näringsämnen ska kunna tas upp av växten. Generellt gäller att växtnäring i organiska gödselmedel är mindre tillgänglig än växtnäring i mineralgödsel direkt efter gödsling. Omvandlingsprocesserna kan ta tid och beror på tillförselsätt, marktemperatur, markfukt mm.

1.1.4 Växtnäringseffektivitet

Av såväl miljöskäl som ekonomiska skäl bör näringsämnen tillföras så att största möjliga effektivitet uppnås. Gödslingsstrategi och val av gödselmedel påverkar effektiviteten. När lantbrukaren gödslar vid rätt tillfällen, med produkter av hög kvalitet i anpassade mängder och med lämplig teknik kan effektiviteten höjas, förluster i form av utlakning minimeras och bästa möjliga ekonomiska resultat uppnås. Om kvävegödslingen inte överstiger ekonomiskt optimal giva är förlusterna till omgivande miljö små. (S. Delin, M. Stenberg, 2013)

1.1.5 Olika gödselmedel

Gödslingen kan göras med en mängd olika produkttyper och enskilda produkter:

- I. **Mineralgödsel** (industriellt tillverkade produkter av oorganiskt ursprung)
 - Fasta produkter är den absolut vanligaste formen av mineralgödsel. Sådana finns som enkla gödselmedel (bara ett näringsämne) och som sammansatta produkter (flera

näringsämnen ingår). För fasta produkter finns välutvecklad logistikkedja, lagringsmöjligheter hos distributörer och på gård samt goda möjligheter för spridning.

- Flytande produkter är relativt ovanliga i Sverige. Dessa kräver ett annat system för logistik och lagring samt speciell spridningsutrustning. Dessutom har senare års försök visat att effektiviteten av flytande kvävegödselmedel generellt är lägre än för fasta produkter. (Lövstaf, 2020, Växtpressen 2018)

II. **Organiska gödselmedel** (produkter av animaliskt eller vegetabiliskt ursprung)

Stallgödsel finns på gårdar med djur. Formen för gödseln beror på hur djuren hålls och vilket system för utgödsling som finns. De vanligaste formerna är:

- Fastgödsel är ofta en blandning av strömedel och avföring och kommer till stor del från djur som hålls på ströbäddar. Vanlig vid lösdrift av kor eller får samt från häst. Denna gödseltyp kan lagras på höjden på gödselplattor utan att rinna ut.
- Flytgödsel är en vanlig flytande gödselform från slaktsvin och mjölkkor. Denna förvaras i särskilda brunnar.
- Urin

Det finns ett antal andra organiska gödselmedel förutom stallgödsel, till exempel:

- Rötrest från biogasanläggningar (biogödsel). Biogas framställs genom att organiskt material bryts ner med hjälp av mikroorganismer i en syrefri miljö. Det som blir kvar när gasen utvunnits kan användas för spridning som gödselmedel.
- Avloppsslam från reningsverk innehåller organiskt material samt mindre mängder kväve och fosfor.
- Kött-, blod- och benmjöl, fiskmjöl samt biprodukter från jäst- och etanolframställning är andra exempel på organiska restprodukter som innehåller växtnäring möjlig att recirkulera.

Nämnda organiska produkter kan användas som de är eller förädlas.

1.1.6 Kvalitet på gödselmedel

1.1.6.1 Efterfrågad kvalitet på mineralgödselmedel och pelleterad organisk gödsel

För minsta möjliga miljöpåverkan av gödslingen och för bästa möjliga lönsamhet i odlingen ställs höga **krav på gödselmedlen**:

- Innehåll
 - Halten av växtnäringsämnen stämmer med vad producenten anger
 - Näringsämnena ska vara i tillgänglig form
 - Låg halt av oönskade ämnen
- Spridbarhet
 - Rätt kornstorleksfördelning
 - Produkten är testad och spridningstabeller finns tillgängliga
 - Produkten är inte hygroskopisk (fuktkänslig)
 - Hållfasta korn som tål att hanteras och spridas
- Transport och lagring ska kunna ske på ett praktiskt sätt utan att innebära alltför stora kostnader

För att resultatet av gödningen ska bli bra (hög växtnäringseffektivitet med minsta möjliga miljöpåverkan samt en hög skörd av bra kvalitet) krävs att använda gödselmedel håller tillräckligt hög kvalitet. Undermålig och varierande kvalitet på produkter för gödning av lantbruksgrödor kan leda till ojämn spridning och feldosering av näringen.

Om produkten inte sprids jämnt, vilket kan bero på många olika saker, kan det ha stor påverkan på grödans tillväxt och kvalitet. Se bild 2.



Figur 2. Exempel på ojämn tillväxt efter ojämn spridning av mineralgödsel. Mer kväve har hamnat mellan körspåren och mindre närmast traktorns spår. Resultatet blir stora skillnader inom fältet gällande skörd och kvalitet samt ökade risker för negativ miljöpåverkan. (Foto: Lars Törner)

1.1.6.2 Gödselmedel i olika former

Produktionsmetoden bestämmer kvalitet och spridningsegenskaper på gödselmedlen. På marknaden idag finns några olika typer av processade och formulerade produkter. De viktigaste beskrivs nedan och visas i bilderna 3-8.

Granulerade gödselmedel är den vanligast förekommande typen av mineralgödselmedel i Sverige. Ingående råvaror blandas under hög temperatur och formas runda i en granuleringsstrumma. Produkten är relativt hård, vanligen 2-4 mm i diameter och har en god spridningsförmåga.

Prillade produkter är runda och släta och ofta något mindre än de granulerade. Ingående råvaror blandas under hög temperatur till en smälta. Denna duschas ut från toppen av ett högt prillningstorn. Dropparna torkar och stelnar under vägen ner. Prillade produkter kan vara något känsligare för fukt än de granulerade och är ofta inte lika hårda. Vanligtvis kan de inte spridas lika brett som granulerade produkter.

Ett **kompakterat** gödselmedel tillverkas genom att olika råvaror eller färdiga produkter pressas samman till tunna plattor under hårt tryck. Plattorna bryts upp i lagom stora, spridbara korn. Dessa är oregelbundna och kantiga. Gödseltypen är idag ovanlig som lantbruksgödsel.

Om produkten är **kornad** är det ofta fråga om krossade och siktade råvaror, till exempel kalisalt. Även detta är en kantig och oregelbunden produkt.

Bulkblend kallas produkter som tillverkas genom att olika färdiga produkter blandas till önskad sammansättning av växtnäring. Det finns bulkblends av olika kvaliteter, men denna produkttyp ger oftast problem vid lagring och spridning på grund av segregation i behållare och säckar samt ojämn spridning. Problemen beror på att ingående komponenter har varierande struktur, storlek och vikt.

Torkade organiska gödselmedel med eller utan inblandning av andra råvaror formuleras ofta som spridbara **pellets**.



Figur 3. Granulerad mineralgödsel



Figur 4. Prillad mineralgödsel



Figur 5. Kompakterad mineralgödsel



Figur 6. Kornad produkt



Figur 7. Bulkblend



Figur 8. Pelleterad organisk gödsel

1.1.7 Gödselmedel kan spridas på markytan eller placeras i jorden

Gödselmedel kan spridas på olika sätt. Lättast och snabbast är det att sprida gödseln ovanpå markytan. Genom att placera gödseln under markytan kan man dock öka effektiviteten av växtnäringen och minska risken för förluster.

1.1.7.1 Spridning av mineralgödselmedel

Den vanligaste typen av spridare för mineralgödsel är **centrifugalspridare**. (Figur 9.) Sådana finns i olika utföranden och storlekar samt för varierande spridningsbredder. Gödselmedlet i behållaren rinner ner på en roterande skiva och slungas ut i mycket hög hastighet. Denna utrustning kan användas såväl före sådd som i växande gröda. För att få en jämn spridning av näringen måste produkterna hålla hög och jämn kvalitet.



Figur 9. Med en centrifugalspridare sprids gödseln ovanpå markytan. Foto: Yara

Ett annat sätt att sprida gödsel på markytan är med hjälp av en **rampspridare**. Denna spridartyp är dyrare och inte så vanlig.

Vid sådd av framförallt vårsäd är det vanligt att använda en så kallad **kombisåmaskin** som sår utsäde och gödselmedel samtidigt. Gödselkornen placeras i marken mellan såraderna och nedanför utsädet. Med denna teknik hamnar näringen med god precision nära rötterna, vilket ökar växtnäringseffektiviteten med cirka 10 %.



Figur 10 och 11. Med en så kallad kombisåmaskin placeras gödseln under marken på lämpligt avstånd från utsädet. Resultatet blir att rötterna samlas som en "rotboll" runt gödselkornet, vilket gör att grödan tidigt kommer åt näringen och att effektiviteten ökar. Foto: Väderstad respektive Lena Holm, Jordvetaren.

1.1.7.2 Spridning av stallgödsel och biogödsel

Stallgödsel sprids som fast eller flytande produkt beroende på djurslag och på hur gödselhanteringen i stallarna är uppbyggd.

Exempel på spridning av fast stallgödsel visas i figur 12. Efter spridning ovanpå markytan bör gödseln brukas ner i marken snarast efter spridning för att minska avgången till luft av ammoniak.



Figur 12. Fastgödselspridare lägger gödseln ovanpå marken. (Foto: Gunilla Frostgård)

För att sprida flytgödsel och andra flytande organiska produkter kan olika tekniker användas. Traditionella tekniken med så kallade **spegelspridare** innebär stor risk för ammoniakförluster när gödseln slungas genom luften.

Idag är den vanligaste metoden för flytgödselapplicering att använda **släpplangor** (figur 13), vilket innebär att flytgödseln läggs på markytan via slangar. Risken för ammoniakförluster minskar då väsentligt. Denna metod är också vanlig vid spridning av till exempel flytande rötrest.



Figur 13. Spridning av flytande organiska gödselmedel med släpplangsutrustning. Gödseln placeras direkt på markytan, vilket minskar förlusterna jämfört med om spegelspridare används. (Foto: Mårten Svensson)

Mest effektiv blir flytgödselspridningen om gödseln fälls ner i marken med hjälp av speciell utrustning. Tekniken används ännu i relativt liten omfattning, men ökar. Se figur 14.



Figur 14. Det finns olika typer av spridare som direkt under spridning placerar gödseln under markytan. Detta är det mest effektiva sättet att använda flytande organiska gödselmedel. (Foto Emelie Andersson)

1.2 Råvaror och produktionsmetoder och för mineralgödselframställning

1.2.1 Råvaror

Ammoniak är grunden för produktion av kvävegödselmedel. Ammoniakfabriker finns ofta i anslutning till gödsel fabriken, men ammoniak handlas också över hela världen.

Fosforråvaran, bryts i gruvor. I exempelvis Finland och Ryssland förekommer apatit, som är ett vulkaniskt mineral. De stora fyndigheterna i Marocko består av sedimentära mineraler, så kallade fosforiter. En viktig skillnad mellan dessa är att de sedimentära fyndigheterna innehåller mer tungmetaller. Fosfor mineralerna upplöses med svavelsyra eller salpetersyra och **fosforsyra** framställs. Det är fosforsyra som sedan går in i produktionen av mineralgödsel.

Kaliumsalt bryts ofta i dagbrott, men även gruvor förekommer. **Kaliumklorid** är grunden för produktion av kaliumhaltiga gödselmedel.

Det är fullt möjligt att ta in cirkulerade råvaror i produktionen, men viss anpassning i fabrikerna kan krävas och alternativa råvaror måste vara helt fria från organiska rester på grund av explosionsrisken.

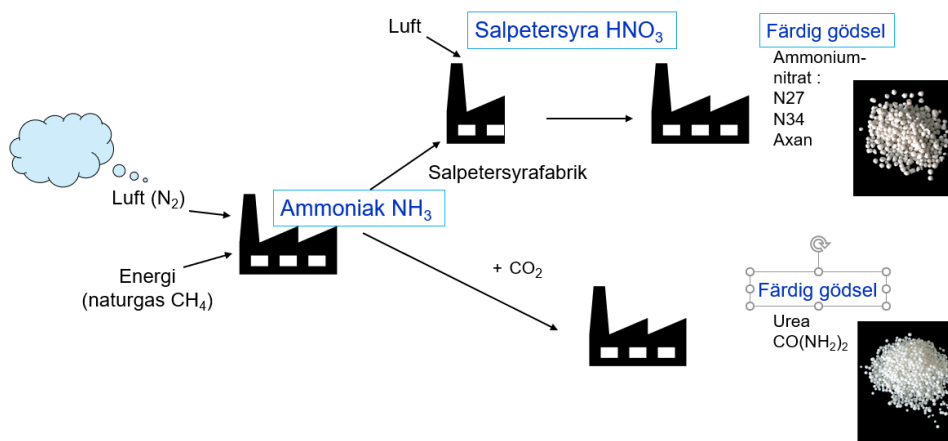
Svavel kan komma in i produktionen på olika sätt. **Kieserit** (magnesiumsulfat) eller **ammoniumsulfat** används ofta som svavelkällor.

1.2.2 Produktionsmetoder

Processerna för tillverkning av mineralgödselmedel är relativt enkla och i huvudsak används samma processer över hela världen.

1.2.2.1 Kvävegödselmedel

Figur 15 illustrerar schematiskt och förenklat hur produktion av kvävegödselmedel går till. Luftens kväve binds i en energikrävande process och ammoniak bildas. Denna ammoniak kan sedan användas antingen i en salpetersyrafabrik för produktion av salpetersyra (HNO_3) eller för produktion av urea genom tillsats av koldioxid (CO_2). Salpetersyra tillsammans med ammoniak bildar ammoniumnitrater, den vanligaste kväveformen i Sverige.



Figur 15. Första steget vid produktion av kvävegödselmedel är att luftens kväve binds i en energikrävande process och ammoniak bildas. Denna är sedan råvara för antingen salpetersyra och ammoniumnitratgödselmedel eller urea.

Att producera kvävegödselmedel är energikrävande och den vanligaste energikällan idag är naturgas (CH_4). Under den del av processen där ammoniak omvandlas till salpetersyra bildas den kraftiga klimatgasen lustgas (N_2O). Europeiska tillverkare av ammoniumnitratbaserade gödselmedel har dock under senare år installerat katalysatorer som minskar utsläppen av lustgas med drygt hälften. (Brentrup et al 2018) Gödsel som produceras med katalysatorer kallas BAT-gödsel.

Även andra energiformer förekommer och utvecklingen mot fossilfriproduktion går framåt. Redan i år, 2023, finns mindre volymer gödsel på marknaden som tillverkats utan fossil energi.

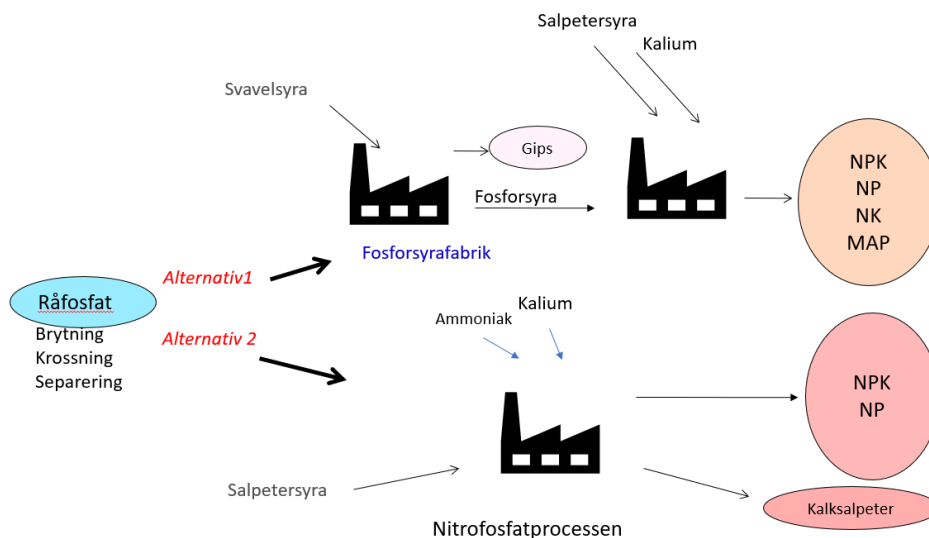
1.2.2.2 Framställning av fosforgödselmedel

Det förekommer två olika sätt att producera gödselmedel av den fosformineral som bryts. Dessa beskrivs schematiskt i Figur 16.

1. Det vanligaste sättet är att upplösa fosformineralet med svavelsyra i en fosforsyrafabrik. Fosforsyran går sedan vidare in i nästa steg, där olika

typer av fosforgödselmedel produceras. Vid denna process bildas gips som biprodukt.

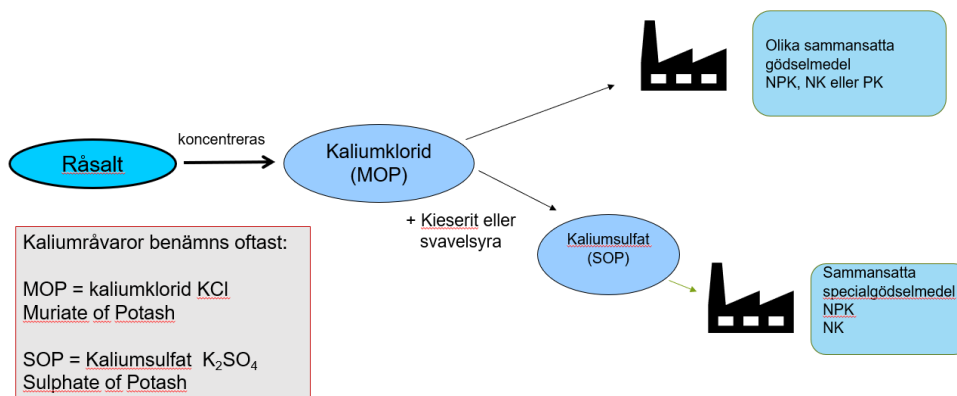
- Om man istället använder den så kallade nitrofosfatprocessen upplöses mineralet med salpetersyra. Vid denna typ av produktion blir biprodukten kalksalpeter, som är ett kvävegödselmedel bestående till största delen av nitratkväve. De båda norska gödselbrukerna använder detta sätt att producera fosforgödselmedel.



Figur 16. Vanligaste produktionsmetoden är alternativ 1, där svavelsyra används för att producera fosforsyra, vilken sedan går vidare till NPK fabriken. Alternativ 2 används i Yaras norska fabriker, där man förutom sammansatta produkter tillverkar kalksalpeter, som blir biprodukt i den så kallade nitrofosfatprocessen.

1.2.2.3 Framställning av kaliumgödselmedel

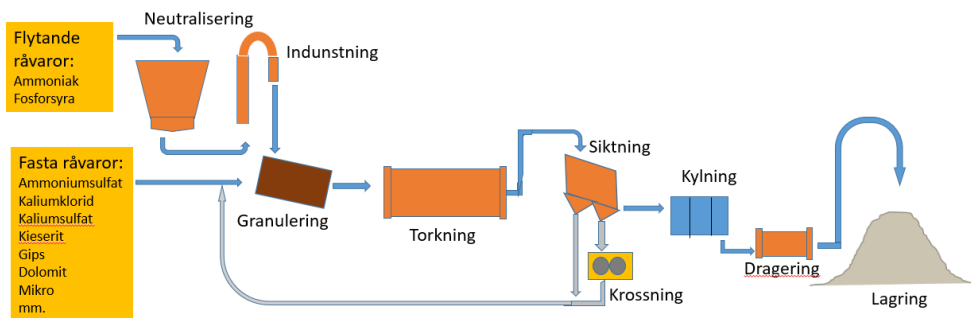
Vanligast förekommande är gödselmedel baserade på kaliumklorid (MOP). Men vissa grödor är känsliga för klor och för dessa tillverkas specialgödselmedel, där kaliumkällan är kaliumsulfat. Denna kan framställas från kaliumklorid genom tillsats av kieserit eller svavelsyra. Kaliumråvaran ingår sedan i olika sammansatta gödselmedel. Figur 17 beskriver schematiskt produktionsprocessen.



Figur 17. Kaliumgödselmedel baseras antingen på MOP (kaliumklorid) eller på SOP (kaliumsulfat). Kaliumsulfat är mindre vanlig och används främst vid produktion av specialgödselmedel till grödor som är känsliga för klor.

1.2.2.4 Tillverkning av sammansatta mineralgödselprodukter

Som tidigare nämnts kan mineralgödsel tillföras som enkla produkter, där bara ett näringsämne ingår eller som sammansatta produkter som består av två eller flera näringsämnen i samma produkt. I Sverige används NPK-produkter ofta som grund när lantbrukaren gödslar. I NPK-fabriken blandas de olika fasta och flytande råvarorna samman och granuleras eller prillas beroende på tillverknings sätt. Figur 18 visar schematiskt hur processen för tillverkning av granulerade sammansatta produkter ser ut.



Figur 18. I NPK fabriken blandas önskade råvaror samman. Önskad mix av näringsämnen formas till runda granuler i en trumma. Därefter sker torkning, siktning och kylning. De färdiga kornen drageras slutligen innan de lagras och säckas.

2 Användning av gödselmedel idag

2.1 Använd mängd växtnäring i svenskt lantbruk

De viktigaste gödselmedlen idag är mineralgödsel och stallgödsel. En mindre del av växtnäringen kommer från tillförsel av slam, biogödsel och andra organiska källor. Total årlig tillförsel i Sverige varierar något över åren, främst beroende på att grödorna varierar liksom skördenivåerna.

Genomsnittlig tillförsel av N, P och K via mineralgödsel och stallgödsel för Sveriges åkerareal senaste odlingsåren redovisas i tabell 5. Genomsnittlig användning av näring uppdelad på näringsämnen odlingsåret 2018/2019 kan utläsas ur cirkeldiagrammen under respektive näringsämne. I dessa diagram redovisas också växtnäring från slam och certifierad biogödsel.

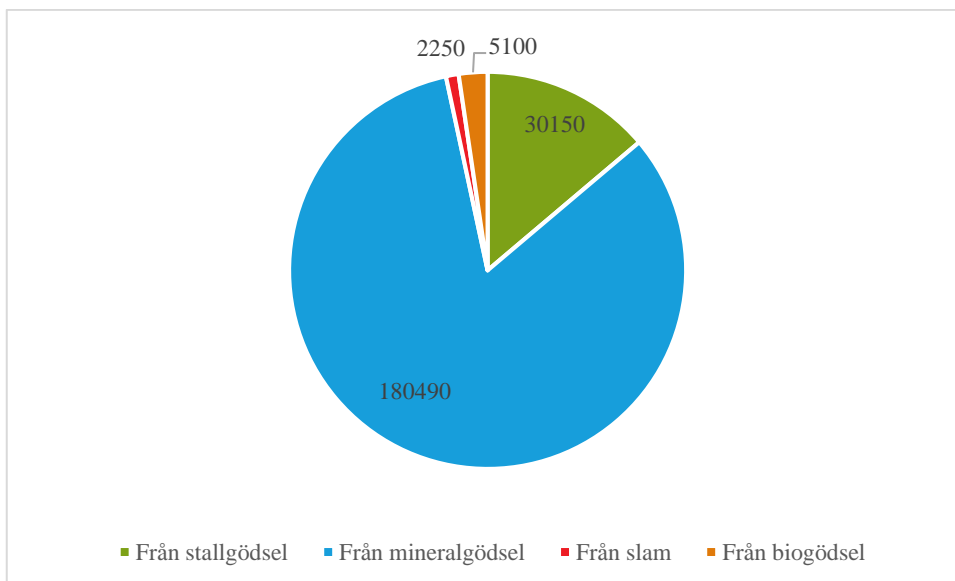
Tabell 5. Totalt använd mängd Kväve (N), Fosfor (P) och Kalium (K) från mineralgödsel och stallgödsel i svenskt lantbruk några av de senaste odlingsåren.

Källa: SCB:s statistikdatabas "Gödselmedel och odlingsåtgärder i jordbruket"

	2010/2011	2012/2013	2015/2016	2018/2019
Kväve	203 600	200 810	196 080	210 640
Fosfor	39 000	36 660	29 370	30 800
Kalium	166 200	163 220	118 100	122 200

2.1.1 Kväve

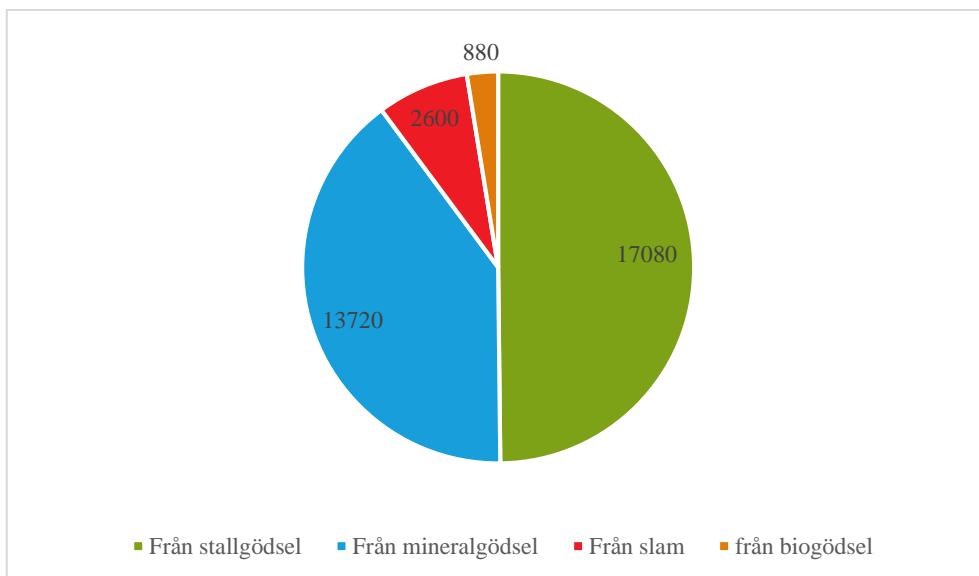
Kväveanvändningen varierar främst beroende på mängd höstsådd areal samt på förväntad och uppskattad skörd. Höstsäd och höstoljeväxter kräver mer kväve än vårsådda grödor eftersom skördenivåerna är högre. I figur 19 ses tillförd mängd växttillgängligt kväve uppdelad på stallgödsel, mineralgödsel, slam och certifierad biogödsel. Mineralgödseldelen är stor och tillgången på mineralgödselkväve är avgörande för landets försörjning av kväve. Även odlade baljväxter bidrar till grödornas kväveförsörjning. (SCB MI 40 SM 2101). Denna källa ger ett bidrag främst till slätter- och betesvallar och redovisas inte här.



Figur 19. Använd mängd växttillgängligt kväve i svenskt lantbruk odlingsåret 2018/2019 fördelad på stall- och mineralgödsel samt slam och certifierad biogödsel. (Källor: SCB:s statistikdatabas. "Gödselmedel och odlingsåtgärder i jordbruket" samt Avfall Sverige, Certifierad biogödsel "Årsrapport 2019")

2.1.2 Fosfor

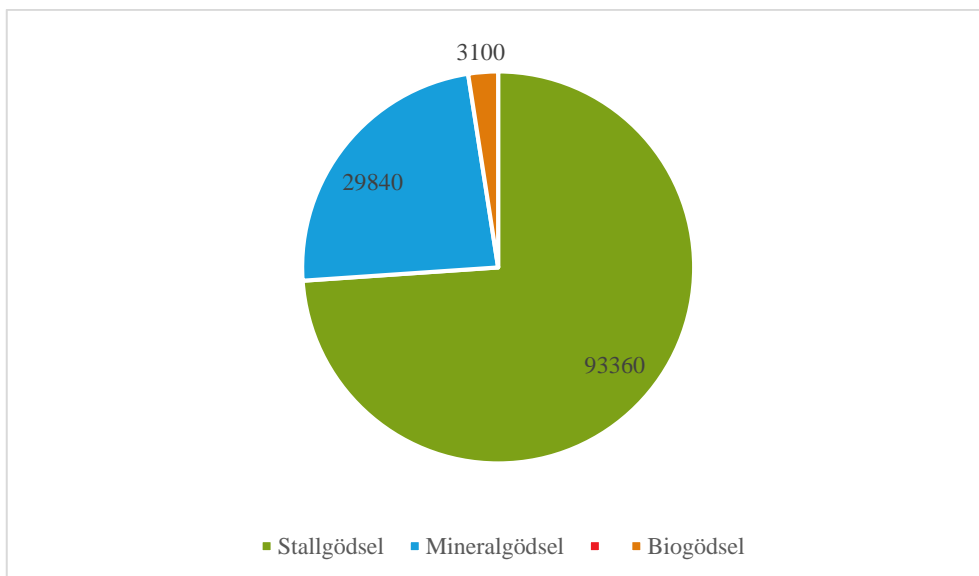
Den årliga användningen av fosfor varierar dels beroende på vilka grödor som odlas och dels beroende på priset på fosfor. När fosforpriset är högt försöker lantbrukarna i möjligaste mån tära på markens förråd och prioriterar att gödsla till de mest krävande grödorna. Cirkeldiagrammet visar hur mycket fosfor som gödslades med stallgödsel, mineralgödsel, slam och certifierad biogödsel odlingsåret 2018/2019. Stallgödseln bidrar ca hälften av landets fosforanvändning.



Figur 20. Tillförd mängd fosfor till svenskt lantbruk 2019 fördelad på mineralgödsel, handelsgödsel, slam och certifierad biogödsel. (Källor: SCB:s statistikdatabas. "Gödselmedel och odlingsåtgärder i jordbruket" samt Avfall Sverige, Certifierad biogödsel "Årsrapport 2019")

2.1.3 Kalium

Stallgödseln står för ca 75% av landets totala kaliumtillförsel. Denna är dock ojämnt fördelad och används främst på gårdar med nötkreatur. Där gödslas vallar i stor utsträckning, eftersom skördat ensilage och hö för bort mycket kalium som måste ersättas. Kalium är viktigt för de flesta grödor och upptaget är relativt högt. Behovet är störst på lite lättare jordar med lågt lerinnehåll. På sådana jordtyper odlas till exempel potatis och grönsaker, som behöver kalium för skörd och kvalitet. Cirka 25 % av kaliumtillförseln i landet sker med mineralgödsel. Biogödsel står idag för en mindre del av totalt gödslad mängd kalium. Mängden kalium som tillförs med slam är liten och försumbar i sammanhanget.



Figur 21. Kalium, användning 2018/2019 ton, från mineralgödsel, stallgödsel och certifierad biogödsel. Källor: SCBs statistikdatabas - Tillförsel av gödselmedel (utom kväve) efter region, växtnäringsämne, grödgrupp, tabellinnehåll och år, brutna. samt Avfall Sverige, Certifierad biogödsel "Årsrapport 2019")

2.2 Användningen av andra organiska gödselmedel än stallgödsel

2.2.1 Spridning av avloppsslam på åkermark

Växtnäringen i inkommande avloppsvatten till reningsverk recirkuleras i dagsläget nästan uteslutande via spridning av avloppsslam på åkermark. Enligt de senaste uppgifterna spreds 46 procent av avloppsslammet på åkermark under år 2020 (SCB, 2022).

Allt avloppsvatten går inte till de kommunala reningsverken. Cirka 15 procent av befolkningen är inte anslutna till reningsverk (SOU, 2020) och då sker i stort sett ingen återföring av växtnäring.

I princip all fosfor som avskiljs vid reningsverk hamnar i avloppsslam. För kväve hamnar en mindre del i slammet och för kalium samt svavel en ännu mindre del. Halten kväve i vatten från avvattning av slam (rejektvatten) är högre än i inkommande avloppsvatten till reningsverket och ger bättre förutsättningar för kväveåtervinning på sikt.

Tabell 6. Mängd avloppsslam spridd på åkermark, andel av avloppsslammet samt mängd kväve och fosfor (SCB, 2022)

År	Mängd spridd på åkermark (ton)	Andel av avloppsslammet (%)	Mängd kväve (ton)	Mängd fosfor (ton)
2020	96 300	46	4 500	2 600
2018	82 300	39	3 800	2 200
2016	69 500	34	3 200	1 900

Under 2020 har 4 500 ton kväve och 2 600 ton fosfor tillförts åkermarken i avloppsslam (tabell 5). Det är dock totalmängden kväve och det växttillgängliga ammoniumkvävet uppgår ungefär till halva mängden. Även växttillgängligheten av fosfor i avloppsslam diskuteras. I avloppsreningsverk med kemisk fällning av fosfor tillsätts normalt aluminium- eller järnbaserade fällningskemikalier. Under fällningen binds fosfor starkt. Det gör att fosfor i slammet blir mer svårtillgänglig för växtupptag. Studier vid Sveriges lantbruksuniversitet, SLU, tyder ändå på att 10–20 procent av fosfor från det avloppsslam som sprids är tillgängligt för grödan redan under första året (SOU, 2020).

2.2.2 Certifieringssystemet Revaq

Sedan 2008 har certifieringssystemet Revaq funnits för avloppsslam i Sverige. Revaq är ett certifieringssystem med syfte att minska flödet av farliga ämnen till reningsverk, att skapa en hållbar återföring av växtnäring samt att hantera riskerna på vägen dit (Svenskt Vatten, 2023). Revaq bygger på gränsvärden som branschen själva satt och systemet inkluderar inte några organiska riskämnen. Rise Research Institutes of Sweden är oberoende certifieringsorgan för Revaq-certifierat avloppsslam.

Revaq-certifiering innebär:

- Fortlöpande ytterligare förbättring av kvaliteten på det avloppsvatten som kommer till reningsverken och därmed även gällande slammet som sprids på åkermark.
- En öppen information om hur slammet producerats och om dess sammansättning.
- Att växtnäring från avloppsfraktioner produceras på ett ansvarsfullt sätt och att kvaliteten uppfyller fastställda krav.

Revaq är ett samarbete mellan flera aktörer. I styrgruppen ingår LRF, Livsmedelsföretagen, reningsverk samt Svenskt Vatten. Naturvårdsverket är adjungerade.

Cirka hälften av det slam som produceras vid kommunala avloppsreningsverk är Revaq-certifierat. Av det slam som spreds på åkermark 2018 kom cirka 80 procent från reningsverk som var Revaq-certifierade.

2.2.3 Certifierad biogödsel från samrötningsanläggningar

Varumärket ”Certifierad återvinning” ägs av Avfall Sverige och är branschens frivilliga produktcertifiering för biogödsel (SPCR 120). Certifieringssystemet leder fram till en produktcertifiering av biogödsel. Målsättningen är enligt Avfall Sverige att kundens förtroende för produkten ska öka och att avsättningsmöjligheterna förbättras. En certifiering av biogödsel visar att biogödseln har framställts av rena, källsorterade och biologiskt lättnedbrytbara substrat med ursprung i livsmedels- och/eller foderkedjan (Avfall Sverige, 2023).

En certifierad produkt är hygieniserad, innehåller inga avloppsfraktioner och måste uppfylla krav på till exempel innehåll av metaller och synliga föroreningar. Kontrollen av anläggningens kvalitetsarbete (egenkontroll) och utfärdandet av certifikat utförs av det oberoende certifieringsorganet Rise Research Institutes of Sweden.

Anläggningarna som är certifierade för biogödsel är samrötningsanläggningar som använder substrat från källsorterat organiskt material, stallgödsel, slakteriavfall m.m.

Under 2022 fanns 28 samrötningsanläggningar med SPCR 120 certifikat och vid årsskiftet 2020 fanns 26 stycken enligt Avfall Sverige (2022). De senaste uppgifterna om producerad mängd biogödsel är från 2020.

Mängden producerad biogödsel har ökat under åren fram till 2020 och andelen som är certifierad var 76 procent under 2020 (tabell 7).

Tabell 7. Producerad mängd biogödsel i samrötningsanläggningar med SPCR 120 certifikat och total mängd producerad biogödsel 2016-2020 samt andel certifierad biogödsel

År	Mängd biogödsel SPCR 120 (kton våtvikt)	Torrsubstanshalt (%)	Total mängd biogödsel alla anläggningar (kton våtvikt)	Andel certifierad biogödsel (%)
2016	1 218	4,2	1 695	72
2017	1 310	4,3	1 722	76
2018	1 281	4,6	1 802	71
2019	1 351	5,0	1 753	77
2020	1 428	5,4	1 887	76

Användningen av biogödsel innebar att 7 900 ton totalkväve, 4 600 ton växttillgängligt ammoniumkväve, 980 ton fosfor och 3 200 ton kalium tillfördes

åkermarken under 2020. Detta förutsätter att all certifierad biogödsel spreds på åkermark.

I dessa samrötningsanläggningar används olika typer av substrat i rötningsprocessen och stallgödsel svarade för den största mängden under 2020 enligt Svenskt Avfall (2022) (tabell 8). Substraten stallgödsel, källsorterat matavfall och kategorin övrigt har ökat i mängd under perioden 2016-2020.

Tabell 8. Använda substrat i samrötningsanläggningar med SPCR-certifikat under 2020

Typ av substrat	Andel (%)
Stallgödsel	38
Källsorterat matavfall	23
Slakteriavfall	11
Avfall från livsmedelsindustri	10
Grödor	2
Övrigt	16

3 Framtida växtnäringsbehov

Potentialen i de initiativ som kartläggs i denna utredning bör ställas mot det svenska lantbrukets behov av växtnäring på 10-30 års sikt. I detta avsnitt redogör vi för ett framtidsscenario för svenskt lantbruk och för hur det skulle kunna påverka växtnäringsbehovet.

De kända långsiktiga trender som påverkar behovet av gödselmedel utöver stallgödsel är framför allt:

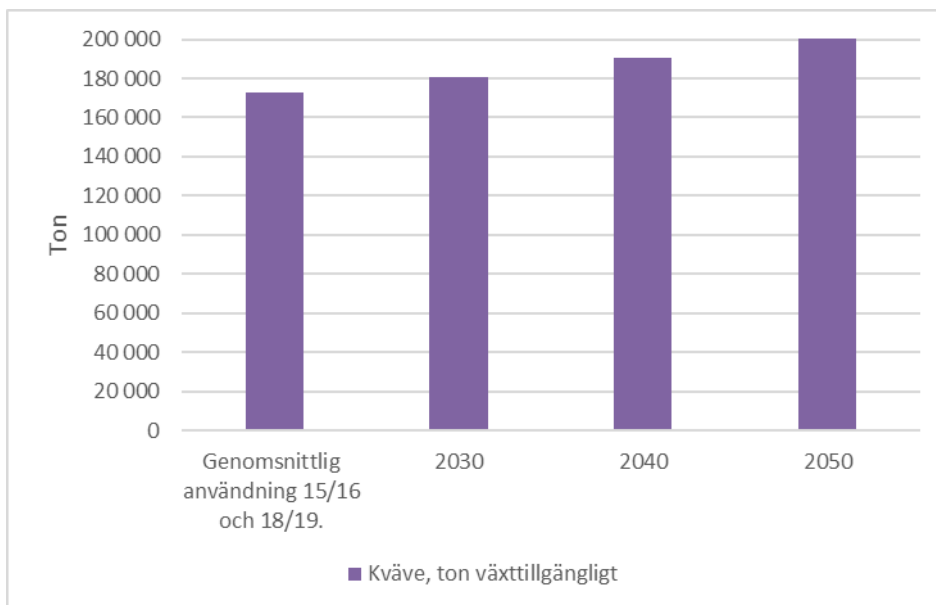
- Ökande skördar av vegetabilier
- Minskande åkerareal
- Effektivare användning av näringsämnen

Behovet av gödselmedel påverkas också av:

- Odlad areal
- Val av grödor
- Ändringar i odlingen som utökade arealer eller dylikt
- Konsolidering i animalieproduktionen
- Förändring av djurantal
- Ny teknik

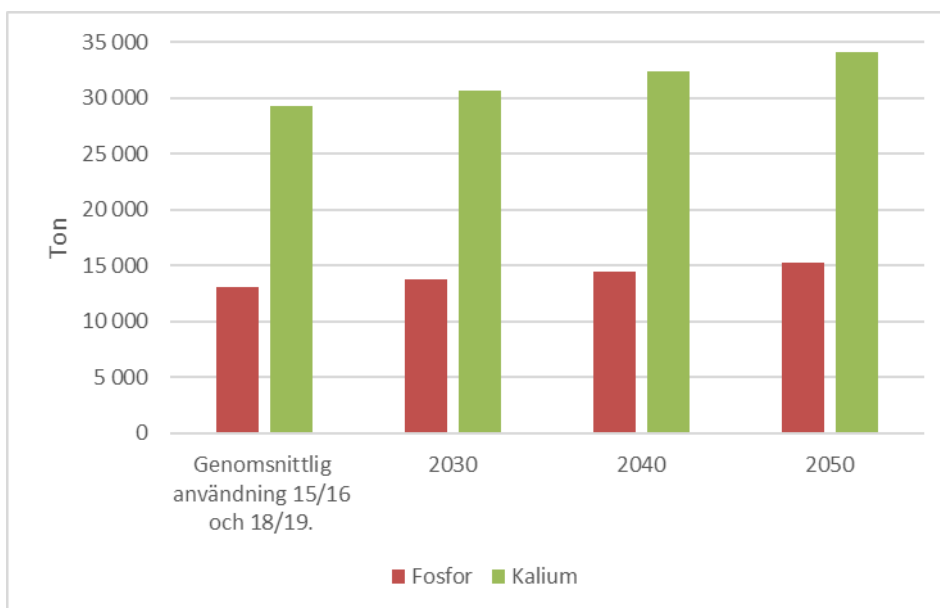
3.1 Framskrivning av dagens behov med hjälp av kända trender ger en marginell ökning av behovet

Som en grund för att bedöma framtidens behov av gödselmedel använder vi dagens behov av gödselmedel och räknar upp det med bedömda skördeökningar samt justerar för en trend med minskande arealer och en effektivare gödselmedelsanvändning. Vi utgår även ifrån att nuvarande miljö- och jordbrukspolitik gäller till och med 2050. Resultatet blir ett ökat behov av gödselmedel inklusive stallgödsel med cirka 16% till år 2050.



Figur 22. Framskrivnen mineralgödselmedelsanvändning, angivet i växttillgängligt kväve, år 2030, 2040 och 2050.

Källa: Jordbruksverkets egen beräkning utifrån SCBs statistikdatabas - Tillförsel av kväve efter region, växtnäringsämne, grödgrupp, tabellinnehåll och år, brutna.



Figur 23. Framskrivnen mineralgödselmedelsanvändning, fosfor och kalium, år 2030, 2040 och 2050.

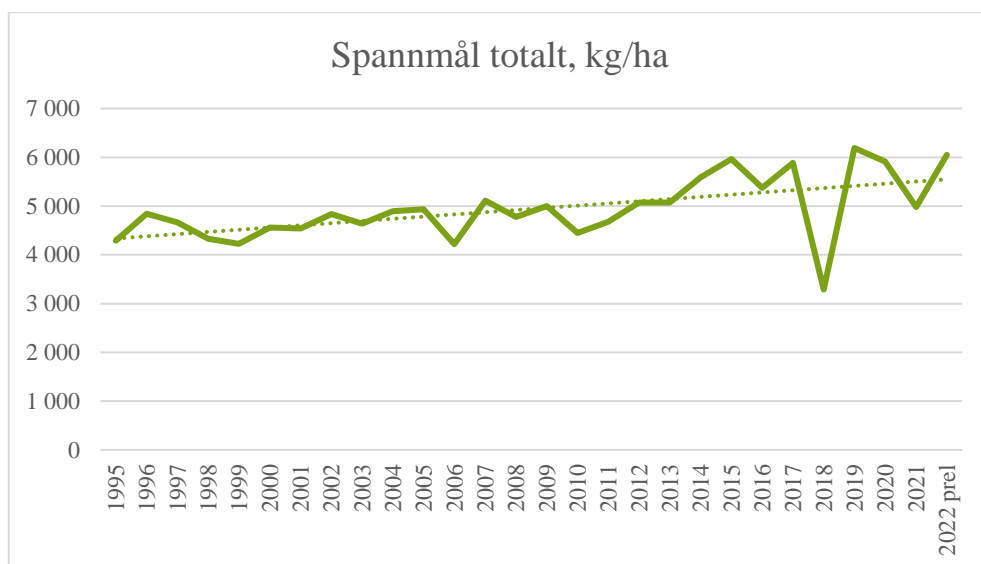
Källa: Jordbruksverkets egen beräkning utifrån SCBs statistikdatabas - Tillförsel av gödselmedel (utom kväve) efter region, växtnäringsämne, grödgrupp, tabellinnehåll och år, brutna

3.1.1 Så räknade vi

Skördarna ökar med 0,8% per år

Hektarskördarna har ökat succesivt över tid och i och med att avkastningspotentialen per hektar ökar så ökar behovet av gödselmedel.

De genomsnittliga hektarskördarna av svensk spannmål har under perioden 1995-2021 ökat med cirka 0,8% årligen om de högsta och lägsta avkastningarna (torkåret 2018 och 2019) exkluderas från beräkningen. Vi har räknat med samma ökning på vallarealen och att animalieproduktionen ökar i takt med växtproduktionen.



Figur 24. Hektarskördar spannmål totalt, samt trend exkl 2018 och 2019

Källa: Jordbruksverkets statistikdatabas

Jordbruksarealen minskar med 8 000 hektar varje år

Statistik över stödansökningar har visat att jordbruksarealen i genomsnitt minskar med 8 000 hektar per år – detta motsvarar 0,3% per år. I framskrivningen av gödselmedelstillförsel antar vi samma procentuella minskning av behovet av gödselmedel. Minskningen av åkermark har hittills rört både högavkastande arealer som bebyggt och lägre avkastande arealer som planterats eller växt igen eller tagits ur bruk av andra anledningar.

Gödselmedelsanvändningen bli allt effektivare

Att prognosticera effektiviseringen av gödselmedelsanvändningen är svårare. Användning av hjälpmedel som exempelvis N-sensor, markkartering och behovsberäkningar har minskat behovet av gödselmedel med större precision i givorna. Denna effektivisering fortsätter även om det svenska lantbruket nått långt i effektivisering.

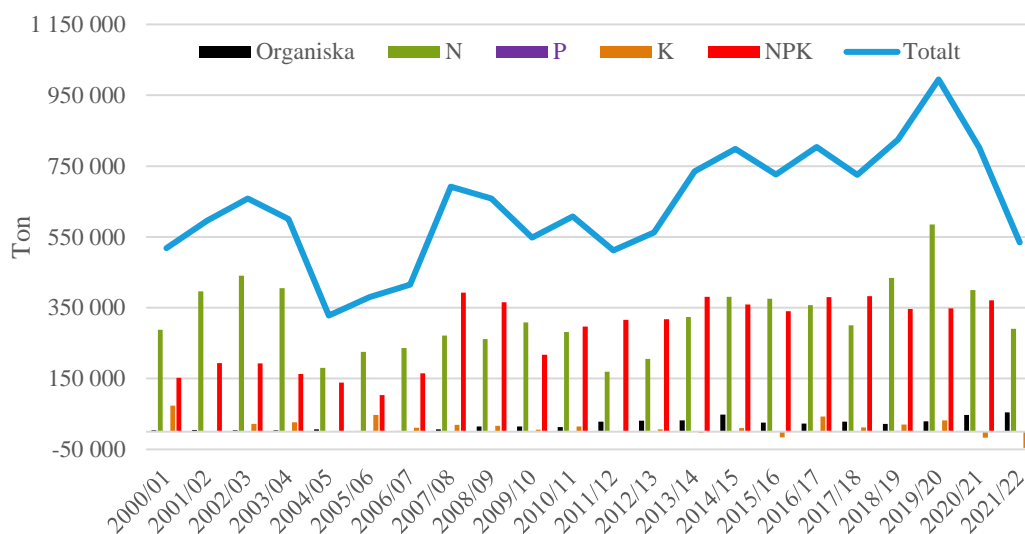
För att ta hänsyn till fortsatt effektivisering har vi antagit att en tredjedel av skördeökningarna kan ske utan att det sker något samtidig ökning av tillförseln av gödselmedel.

4 Marknaden för mineralgödsel i Sverige, EU och globalt

4.1 Sverige

Sveriges användning av mineralgödselmedel utgörs helt och hållet av importerad gödsel på grund av avsaknaden av inhemsk produktion av växtnäring till den svenska jordbrukssektorn. Den enda produktionsanläggningen som finns i Sverige är Yaras fabrik i Köping där tillverkning sker av ammoniumnitrat för civila sprängmedel som främst används inom gruvindustrin.

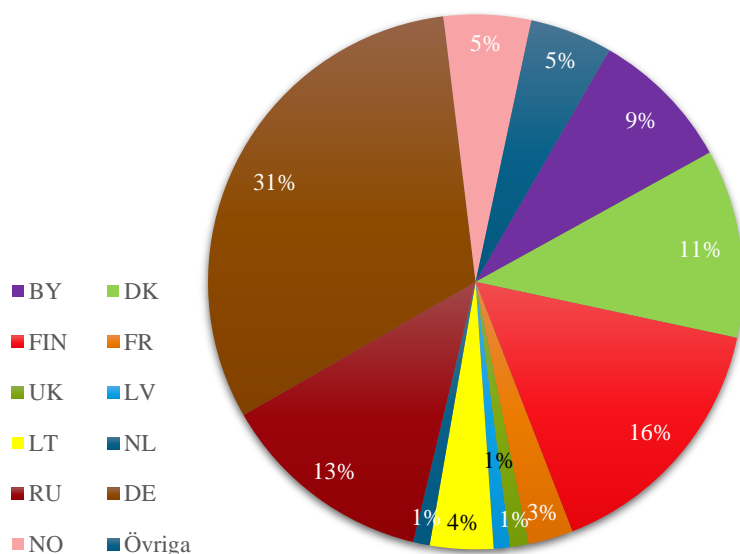
Nettoimporten till Sverige av både organiska gödselmedel (utgör ca 4 % av den totala importen per år) och mineralgödsel uppgick för den senaste tioårsperioden till i genomsnitt ca 750 000 ton per år (juli/juni). Störst import till Sverige sker i form av enkla kvävegödselmedel och sammansatta gödselmedel av kväve, fosfor och kalium. Enkla kvävegödselmedel utgjorde ca 50 % av den totala nettoimporten under den senaste tioårsperioden medan sammansatta gödselmedel utgjorde ca 46 %. Den export som sker av importerade gödselmedel utgörs till största delen också av kväve som exporteras främst till Norge och Finland men export förekommer även till flera andra länder över i stort sett hela världen. Av nedanstående figur framgår att nettoimporten minskade kraftigt efter toppåret 2019/20 som kännetecknades av hög import kombinerat med låg export av framförallt kväve. Tillgänglig statistik hittills för 2022/23 (juli-december 2022) visar dock på en kraftig ökning av total import av mineralgödsel jämfört med samma period 2021/22, ökningen av nettoimporten uppgår till 54 %. Om denna trend skulle vara gällande för hela 2022/23 kan den totala nettoimporten av mineralgödsel beräknas till ca 870 000 ton.



Figur 25. Svensk nettoimport av organiska gödselmedel och mineralgödsel 2000-2022, juli-juni år

Källa: SCB

Den svenska importen av gödselmedel kommer till största delen från andra EU-länder som Tyskland, Danmark och Finland. Danmark har ingen inhemsk produktion av mineralgödsel och troligen beror den noterade importen till Sverige på att samköp sker av både svenska och danska företag där företagen är registrerade i Danmark. Tillsammans utgjorde importen från dessa länder 58 % av Sveriges import under 2021. Andra större exportörer till Sverige var Belarus och Ryssland som tillsammans utgjorde 22 % av importen. Importen från Belarus är dock inte mineralgödsel utan råvara till produktion av kaliumsulfat som i sin tur exporteras till andra länder. Importen från Tyskland är i huvudsak enkla kvävegödselmedel, vilket även är fallet med Danmark som dock även är den större exportören av organiska gödselmedel till Sverige. Importen från Finland består mest av sammansatta gödselmedel. Från Ryssland importerar både kväve och sammansatta gödselmedel medan kalium importerades ifrån Belarus. Nettoimporten för kalium är negativ för några enskilda år, vilket kan bero på periodiseringseffekter. Den svenska importen av fosfor som är förhållandevis låg kom ifrån Nederländerna under 2021.



Figur 26. Svensk import av organisk gödsel och mineralgödsel 2021

Källa: SCB

Flera olika distributörer förser den svenska marknaden med gödselmedel men enligt SCB:s gödselmedelsstatik⁵ står ett fåtal företag för ca 95 % av försäljningen på den svenska marknaden. Den största leverantören av mineralgödsel till den svenska marknaden är Yara som importerar och säljer vidare till olika distributörer i landet. Yaras⁶ produktionsanläggningar för gödselmedel i Europa är placerade i Norge, Finland, Nederländerna, Tyskland, Frankrike, Italien och Storbritannien. Exempel på distributörer är Lantmännen, Svenska Foder, Gullviks, BM Agri och DLA Agro som förser den svenska marknaden med mineralgödsel, dels via köp från Yara och via egen import av gödselmedel.

Yara och Lantmännen har ingått ett samarbetsavtal⁷ angående fossilfri mineralgödsel, vilket innebär att gödselmedlen ska produceras av Yara och marknadsföras av Lantmännen med start 2023. Produktionen av ammoniak som ska användas vid tillverkningen av mineralgödsel kommer att ske med hjälp av förnybar energi istället för fossila bränslen som naturgas. På så sätt kommer gödselmedlen att produceras med ”grön ammoniak” baserad på förnybar energi som anges ha ett 80–90 procent lägre klimatavtryck.

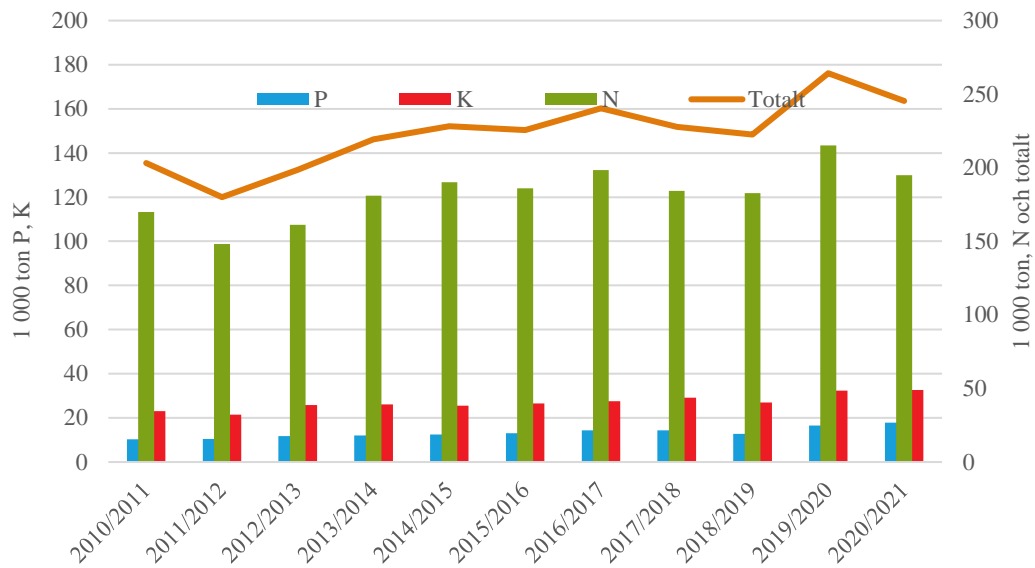
Tillgänglig statistik över försäljningen av importerade gödselmedel på den svenska marknaden uttryckt i växtnäringsämne finns tillgängligt till och med 2020/21. I likhet med ökad nettoimport under 2011/12 – 2019/20 ökade försäljningen av gödselmedel på den svenska marknaden. Detta beror bland annat på att den odlade

⁵ SCB, Försäljning av mineralgödsel 2020/21

⁶ Yara, årsredovisning 2021

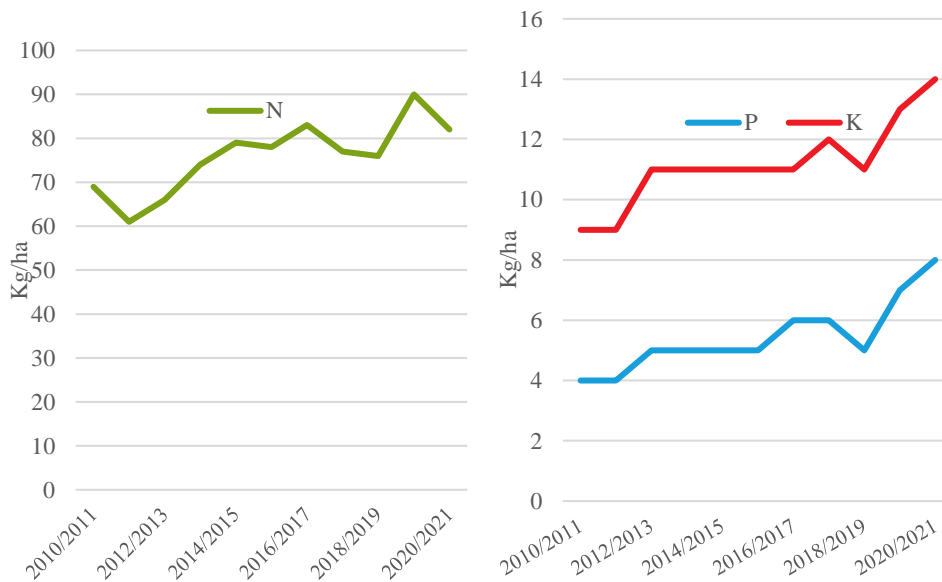
⁷ Pressmeddelanden Yara och Lantmännen.

arealen höstsådda grödor har ökat i Sverige, vilket i sin tur ökar behovet av växtnäring när dessa högavkastande grödor odlas i större utsträckning än förut.



Figur 27. Försäljning av mineralgödsel i Sverige 2010-2021, uttryckt i växtnäringsämne. Källa: SCB

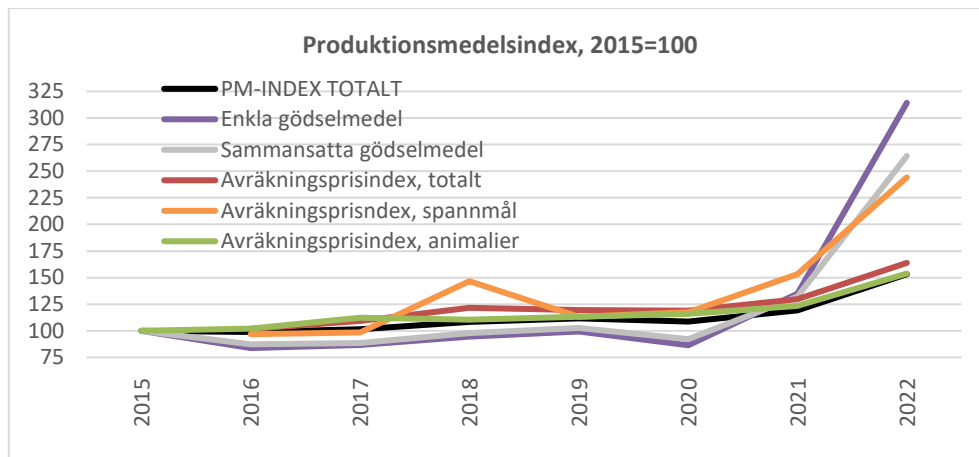
Den minskade försäljningen under 2020/21 avser endast kväve då fosfor- och kaliumförsäljningen fortsatte att öka, vilket också framgår av beräknad försäljning per hektar i nedanstående figur.



Figur 28. Försäljning av mineralgödsel i Sverige 2010-2021, uttryckt som växtnäringsämne kg/ha. Källa: SCB

De svenska gödselmedelspriserna som Jordbruksverket samlar in månadsvis är sekretessbelagda men ingår i verkets indexserier som publiceras löpande.

Indexserierna för gödselmedel steg som mest med ca 240 – 355 % under våren 2022 jämfört 2020 som var tidpunkten innan priserna började stiga. Även indexserien för avräkningspriser för spannmål steg under samma period men inte lika kraftigt som gödselmedelsindex gjorde. Sammantaget visar nedanstående figur att den totala kostnadsutvecklingen för produktionsmedel har ökat mer än vad avräkningsprisindex för både spannmål och animalier har gjort. Avräkningsprisindex mäter förändringarna i producentpriser till lantbrukare.



Figur 29. Produktionsmedelsindex 2015-2022

Källa: Jordbruksverket

I Jordbruksverkets årliga beräkning av intäkter och kostnader för den svenska jordbruksektorn (EAA-kalkylen) framgår att kostnaden för gödselmedel inom vegetabilieproduktion utgjorde i genomsnitt 11 % av intäkterna för den senaste femårsperioden. Enligt preliminära uppgifter för 2022 beräknas andelen uppgå till 21 % beroende på höga gödselmedelspriser under perioden.

4.2 Marknaden för mineralgödsel i EU

Produktionen av mineralgödsel sker i alla EU-länder utom i Estland, Lettland, Danmark, Slovenien, Luxemburg samt Sverige,



Figur 30. Produktionsanläggningar för mineralgödsel i EU

Källa: Fertilizers Europe

Produktionen av mineralgödsel i EU uppgick i genomsnitt (2016–2020) till 17,6 miljoner ton uttryckt som växtnäringsämne per år. Kväve utgjorde ca 73 % av den totala produktionen medan fosfor och kaliumproduktionen utgjorde 12 respektive 15%. I nedanstående tabell redovisas även konsumtionen av mineralgödsel både i jordbruket och industrin inom EU enligt branschorganisationen Fertilizers Europe. Under denna period framgår att EU endast under enstaka år producerade tillräckligt med mineralgödsel för den inhemska användningen. Det sker dock en årlig nettoimport av mineralgödsel växtnäringsämne under perioden, vilket tyder på att antingen är konsumtionsuppgifterna underskattade eller så motsvarar nettoimporten storleken på lagren mellan åren.

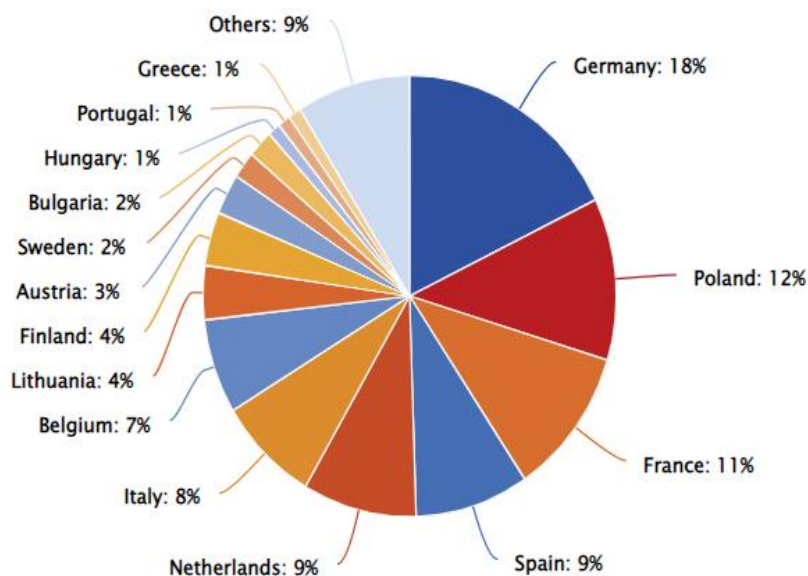
Tabell 9. Produktion mineralgödsel i EU, milj ton växtnäring

	2016	2017	2018	2019	2020
N	12,1	13,0	13,4	12,3	13,2
P ₂ O ₅	1,8 (0,78)	2,2 (0,96)	2,0 (0,87)	2,0 (0,87)	2,2 (0,96)
K ₂ O	2,7 (2,24)	2,9 (2,41)	2,7 (2,24)	2,5 (2,07)	2,7 (2,24)
Produktion	16,6	18,1	18,1	16,8	18,3
Konsumtion	20	20	18	17	17

Källa: Fertilizers Europe Värden inom parantes är kvantitet uttryckt som rent växtnäringsämne istället för i oxidform.

De större producentländerna av mineralgödsel i EU är Tyskland, Polen, Frankrike och Nederländerna.

Genomsnittlig produktionsandel 2017 - 2019

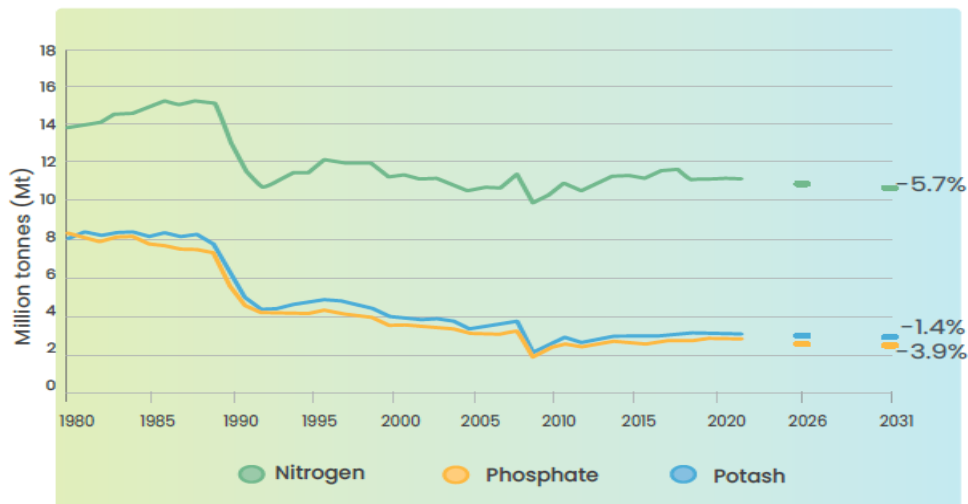


Figur 31. Genomsnittlig produktionsandel för tillverkning av mineralgödsel i EU 2017-2019

Källa: Eurostat

Enligt en prognos från Fertilizers Europe om den framtida användningen av mineralgödsel i EU förväntas denna att minska under den kommande tioårsperioden. Användningen av kväve förväntas minska mest och fosfat- och kaliumförbrukningen förväntas fortsätta i en nedåtgående trend.

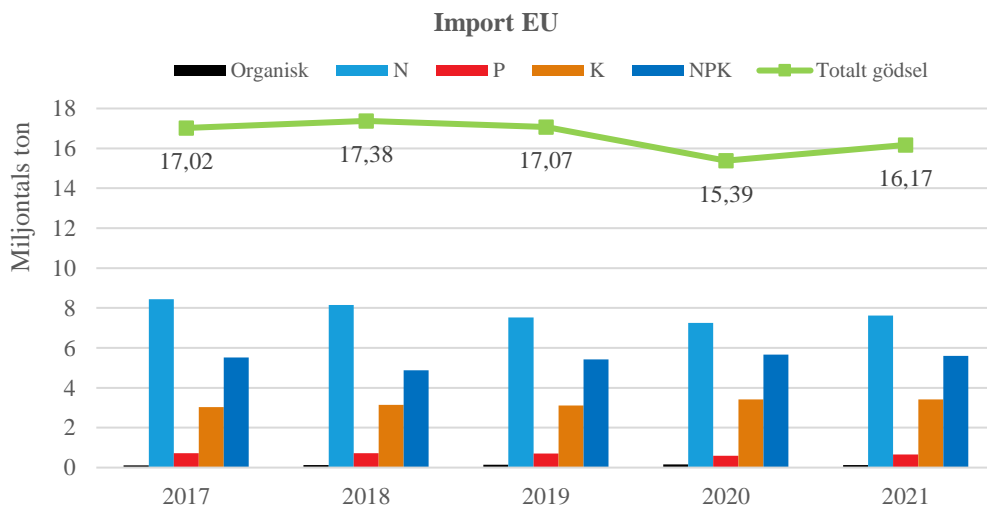
Branschorganisationen gör denna bedömning utifrån den kommande skärpningen av EU:s miljöregelverks om bedöms begränsa produktivitetstillväxten framöver. EU:s politiska prioriteringar anses vara utmanande för jordbrukssektor som helhet, inklusive lantbrukares användning av gödselmedel. I avsnitt 3.1 har vi inte tagit hänsyn till detta i vårt beräkningsexempel avseende kommande behov av mineralgödsel i Sverige.



Figur 32. Användning av mineralgödsel i EU enligt Fertilizers Europe 1980-2031

Källa: Fertilizers Europe

Enligt officiell statistik från Eurostat importerade EU i genomsnitt 17,7 miljoner ton gödselmedel (uttryckt som förpackad vara) under 2017–2021 från länder utanför EU. Störst import skedde till Frankrike, Spanien, Polen, Belgien och Italien. Totalt sett är EU en nettoimportör av gödselmedel och i genomsnitt (2017–2021) uppgick den till 8,6 miljoner ton.



Figur 33. Import av organisk gödsel och mineralgödsel till EU 2017-2021, uttryckt i varuvikt

Källa: Eurostat.

De större länderna som exporterar gödselmedel till EU framgår av nedanstående figur. Ryssland och Egypten exporterar mest kväve till EU medan fosfor importeras i huvudsak från Marocko och Israel. Importen av kalium sker till största delen ifrån Belarus, Ryssland och Kanada. Organiska gödselmedel importeras främst ifrån UK samt även ifrån Indien, Schweiz och Kina. Importen av

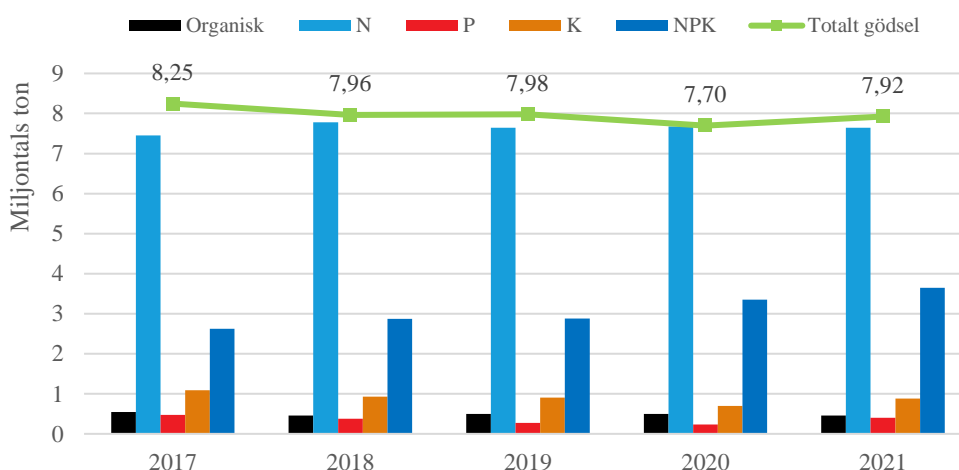
sammansatta gödselmedel sker i huvudsak ifrån Ryssland och Marocko.



Figur 34. Exportländer av organisk gödsel och mineralgödsel till EU 2017-2021, uttryckt i varuvikt

Källa: Eurostat

EU:s export av gödselmedel har varit förhållandevis konstant under perioden och uppgick i genomsnitt till 7,96 miljoner ton. Störst export sker ifrån Tyskland, Nederländerna och Belgien. Exporten av organiska gödselmedel sker i huvudsak till UK och Vietnam medan exporten av kväve främst till UK och Brasilien. Export av fosfor sker till Brasilien och UK och exporten av sammansatta gödselmedel var störst till Färöarna, Tanzania och Kamerun under 2017-2021.

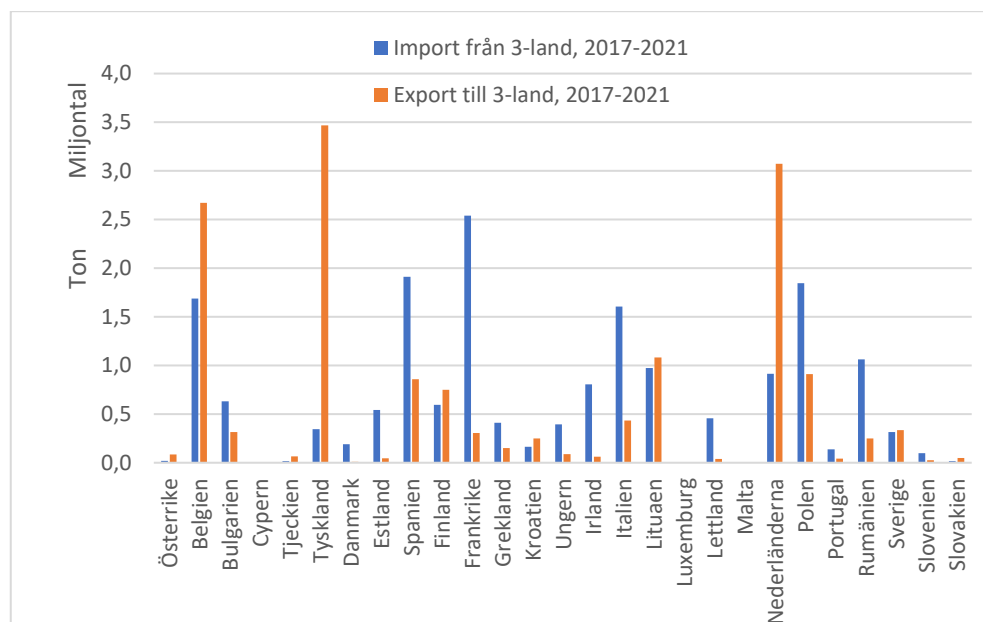


Figur 35. EU:s export av organisk gödsel och mineralgödsel 2017-2021, uttryckt i varuvikt.

Källa: Eurostat.

Eftersom det sker en handel mellan medlemsländerna är det inte säkert att importerade produkter har samma slutdestination som den som gällde vid

importtillfället. Samma sak gäller för export av produkter från EU till världsmarknaden. Länder med stora hamnar har relativt andra länder en stor handel som nödvändigtvis inte konsumeras eller har sitt exportursprung i landet.

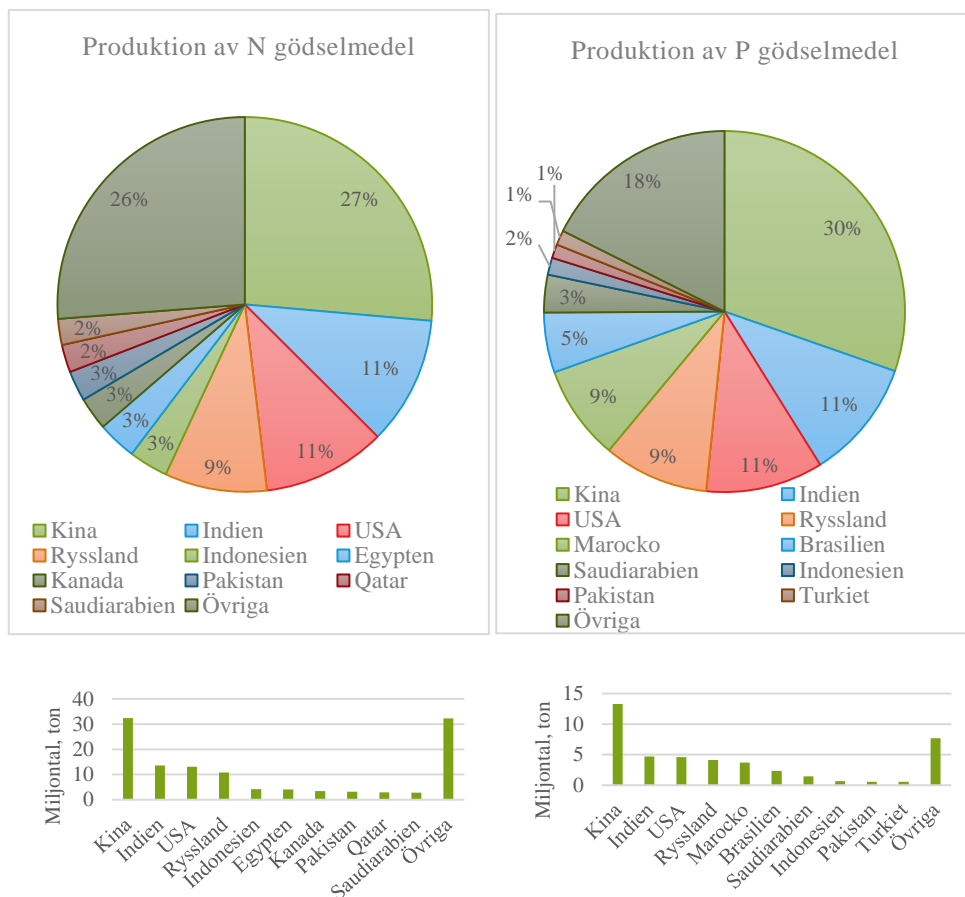


Figur 36. EU-ländernas genomsnittliga import och export av organisk gödsel och mineralgödsel med länder utanför EU 2017-2021, uttryckt i varuvikt.

Källa: Eurostat.

4.3 Den globala marknaden för mineralgödsel

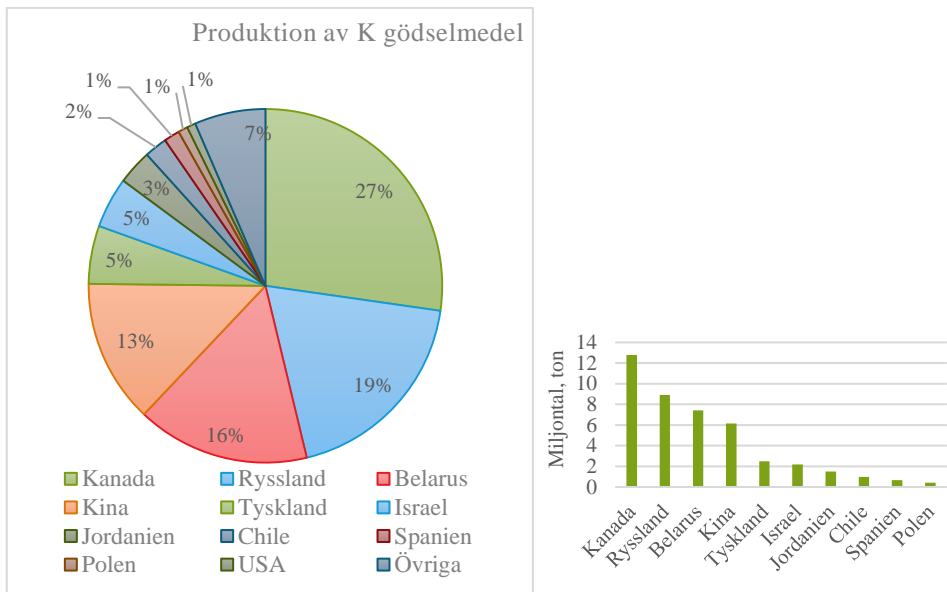
I genomsnitt (2018-2020) uppgick den totala produktionen av mineralgödsel i världen till ca 213,5 miljoner ton uttryckt i växtnäringsämne. Av detta utgjorde kväve 58 %, fosfor 20 % och 22 % kalium. Kina, Ryssland, Indien, USA och Kanada är de största producentländerna i världen. Deras produktionsandel utgjorde 60 % av världsproduktionen. Produktionen av kväve- och fosforgödsel domineras av Kina, Indien, USA, Ryssland och Marocko. Tillsammans motsvarar ländernas produktion ca 70 % av världsproduktionen uttryckt i växtnäringsämne.



Figur 37. Genomsnittlig produktion av mineralgödsel i världen 2018-2020, uttryckt i växtnäringsämne

Källa: FAOSTAT

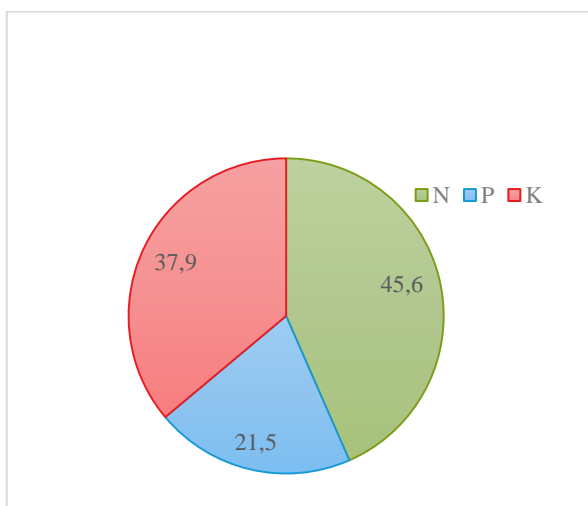
Kanada, Ryssland, Belarus och Kina är de största producenterna i världen av kalium, ländernas produktionsandel utgör 75 % världsproduktionen.



Figur 38. Genomsnittlig produktion av mineralgödsel i världen 2018-2020, uttryckt i växtnäringsämne

Källa: FAOSTAT

Den totala globala handeln med mineralgödsel uppgick i genomsnitt till cirka 105 miljoner ton växtnäringsämne under perioden 2018–2020. De större handelskvantiteterna avser främst kväve och kalium medan handeln med fosfor är lägre. Totalt sett är det en stor andel av världsproduktionen som går i handel, under perioden var det ca 50 % av produktionen som handlades globalt.



Figur 39. Genomsnittlig handel med mineralgödsel i världen 2018-2020, uttryckt i växtnäringsämne

Källa: FAOSTAT

Vilka de största export- och importländerna är av respektive gödselmedel framgår av nedanstående figurer. Det är genomsnittlig handel 2018–2020 uttryckt i

växtnäringsämne som redovisas i respektive figur. Totalt sett är Ryssland den störste exportören av gödselmedel i världen följt av Kanada och Kina.



Figur 40. Större export- och importländer i världen av mineralgödsel, genomsnitt 2018-2020, uttryckt i växtnäringsämne.

5 Styrmedel mineralgödsel

5.1 Ekonomiska styrmedel

Genom politiska styrmedel påverkar länder runt om i världen användningen av mineralgödsel. De styrmedel som används syftar i vissa fall att öka användningen och i andra fall används åtgärder som minskar användningen.

Det är främst utvecklingsländer i Asien och Afrika som använder subventioner för att gynna användningen av mineralgödsel i syfte att öka produktiviteten i jordbruksproduktionen. Subventionerna leder till ökad trygghet i tillgång till livsmedel men riskerar att å andra sidan leda till negativa effekter för samhället i form av utsläpp av växthusgaser och övergödning.

I en översikt gjord 2018 av OECD (OECD, 2018) har medlemsländernas beskattning av jordbrukssektorn belysts. I översikten ingår olika skatter som tas ut på de produktionsmedel som jordbrukarna använder. I EU finns det länder som tillämpar en lägre moms för gödning jämfört med den generella momssatsen. Danmark är det enda landet som ingår i OECDs studie där det tillämpas en särskild miljöskatt som tas ut på mineralgödsel baserat på kväveinnehållet dock är användning inom jordbruket undantaget från skatt.

5.1.1 Ekonomiska styrmedel i Sverige

För närvarande finns inga styrmedel eller åtgärder i Sverige som är riktade direkt mot produktion eller konsumtion av gödselmedel.

1982 infördes en prisregleringsavgift på mineralgödsel i syfte att finansiera överskottsproduktionen av spannmål. Avgiften togs ut på kväve, fosfor och kalium och influtna avgifter användes för att bekosta de exportbidrag som användes för att sälja spannmålsöverskottet på världsmarknaden. Avgiften justerades i takt med att behoven av använda exportbidrag ändrades. I samband med den svenska avregleringen avskaffades prisregleringsavgiften 1992.

1984 infördes en miljöavgift på mineralgödsel baserat på innehållet av kväve och fosfor, senare infördes även skatt på kadmium. I samband med att avgift infördes på kadmium togs avgiften bort på fosfor. Syftet med avgiften var att reducera jordbrukets övergödning och försurning av mark och vatten. Influtna avgifter användes i huvudsak för att finansiera forskningsprojekt för att gynna hållbarhet, en mindre del användes för att stödja rådgivning.

Avgiften höjdes i några omgångar för att i november 1994 beslutas till 1,80 kr/kg kväve och till 30 kr/gram kadmium som ingår i fosforgödselmedel. Från 1 januari 1995 ändrades benämningen till skatt. Skatten avskaffades 31 december 2009.

Orsaken till att ta bort skatten var att den försämrade det svenska jordbrukets konkurrenskraft.

5.1.2 Tullar inom EU

Den 13 augusti 2018 inledde kommissionen en antidumpningsundersökning avseende import av blandningar av karbamid och ammoniumnitrat med ursprung i Ryssland, Trinidad och Tobago och USA. Gällande EU-regelverk för införande av åtgärder som antidumpningstullar och antisubventionsåtgärder finns i rådsförordning 2016/1036. Kommissionen inledde undersökningen till följd av ett klagomål från branschorganisationen Fertilizers Europe vars medlemmar vid det aktuella tillfället producerade mer än 50 % av EU:s sammanlagda tillverkning av blandningar av karbamid och ammoniumnitrat. Produkten är ett flytande kvävegödselmedel (vattenlösning) med ett kväveinnehåll 28 - 32 %, merparten av de importerade blandningarna har i regel en kvävehalt på 32 %. Enligt branschuppgifter används inte denna produkt i någon större utsträckning i Sverige utan huvudsaklig import sker till andra EU-länder. Antidumpningsundersökningen påvisade att importen hade medfört ekonomiska skada för gödselmedelstillverkare i EU på grund av dumpade priser från berörda företag i exportörsländerna. Företagsspecifika antidumpningstullar uppgående till 22,24 – 42,47 euro/ton för berörda exportörsländer infördes därför den 8 oktober 2019.

En översyn av 1995 års antidumpningsundersökning genomfördes den 15 december 2020 (förordning 2020/2100) som enbart avsåg Rysslands export av fasta kvävegödselmedel (ammoniumnitrat) till EU.

Antidumpningstullarna för nästan alla ryska företag fastställdes till 28,78 – 32,71 euro/ton beroende på vilket gödselmedel som exporteras till EU. Även denna gång var det Fertilizers Europe som begärde (juni 2019) att undersökningen skulle genomföras, medlemmarnas produktion av ammoniumnitrat vid detta tillfälle angavs vara mer än 25 % av EU:s totala produktion.

För att mildra effekterna av de höga gödselmedelspriserna i EU upphävde kommissionen tullarna på insatsmedlen ammoniak (KN nr 2814 10 00) och urea (KN nr 3102 10 10 och 3102 10 90) den 12 december 2022.

Tullbefrielsen gäller för alla ursprung utom Ryssland och Belarus.

Produkterna importeras till EU för tillverkningen av färdiga kvävegödselmedel. Senast den 17 maj 2023 ska kommissionen lämna en rapport till rådet med en utvärdering av konsekvenserna av den tullbefrielse

som fastställs och, om så är lämpligt, ska kommissionen lägga fram ett lagstiftningsförslag om förlängning av tullbefrielsen. EU:s tullsatser på olika gödselmedel (i form av insatsmedel eller som färdiga gödselmedel) varierar mellan 5 % och 6,5 %.

5.2 EU-regelverk med påverkan på recirkulering av växtnäring till jordbruket

För att förstå förutsättningarna för att Sverige ska kunna gå mot ett bättre nyttjande av växtnäring med ursprung i olika restflöden i samhället är det relevant att beskriva de EU-regelverk som har påverkan inom området. Om det skulle vara möjligt att ersätta en större del av växtnäringen i mineralgödsel med det som kommer från växtnäringsflöden i samhället kan både beroendet av importerad mineralgödsel minska och resurseffektiviteten öka när det gäller nyttjandet av växtnäringsämnen. Med växtnäringsflöden avses flöden i samhället som innehåller växtnäring som kan återvinnas eller återföras som gödselmedel. Det handlar framförallt om restflöden vid tillverkning av olika produkter och olika avloppsfraktioner.

5.2.1 EU-förordning om gödselprodukter

En ny förordning om EU-gödselprodukter⁸ har beslutats. Den tillämpas fullt ut från och med den 16 juli 2022. I och med det omfattas EU-gödselprodukter av bestämmelser om marknads kontroll.

En EU-gödselprodukt är en gödselprodukt som är CE-märkt när den tillhandahålls på marknaden. Det är först när ett företag väljer att tillhandahålla en EU-gödselprodukt som EU-förordningen är aktuell, det är alltså inte obligatoriskt. Ett företag kan välja att inte alls följa EU-förordningen och krav på CE-märkning.

I övriga situationer räcker det att följa nationell lagstiftning. I Sverige är marknaden för gödselmedel en relativt oreglerad marknad. Sverige har inte någon nationell lagstiftning inom området gödselmedel, förutom gränsvärden för halter av kadmium i mineralgödsel. De allmänna hänsynsreglerna i miljöbalken måste dock alla företag förhålla sig till.

Tidigare svensk lag och förordning om EG-gödselmedel var begränsade till mineralgödsel⁹, medan den nya EU-förordningen omfattar gödselprodukter.

⁸ Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2019/1009 av den 5 juni 2019 om fastställande av bestämmelser om tillhandahållande på marknaden av EU-gödselprodukter och om ändring av förordningarna (EG) nr 1069/2009 och (EG) nr 1107/2009 samt om upphävande av förordning (EG) nr 2003/2003. EUT L 170, 25.6.2019, s. 1–114. Celex. 32019R1009

⁹ Lagen (1992:1684) om EG-gödselmedel och förordning (2004:13) om EG-gödselmedel.

Förordning (EU) 2019/1009 inkluderar även organiska gödselprodukter och restprodukter som är önskvärda att ta in i den cirkulära ekonomin.

Förordning (EU) 2019/1009 harmoniserar villkoren och kvalitetskraven för tillhandahållande på marknaden av produkten gödselmedel och syftar till att skydda människors hälsa och miljön. Den har också en koppling till återvinningsbranschen genom att främja och möjliggöra en ökad användning av återvunna näringsämnen och utveckla den cirkulära ekonomin.

I och med förordning (EU) 2019/1009 kan fler kategorier av gödselprodukter CE-märkas och därmed omfattas av marknadskontroll. Ackreditering, marknadskontroll och bedömning av överensstämmelse av EU-gödselprodukter styrs av förordning (EU) 2019/1009, förordning (EG) nr 765/2008 om krav för ackreditering och marknadskontroll i samband med saluföring av produkter och förordning (EU) 2019/1020 om marknadskontroll och överensstämmelse för produkter som ska tillämpas fullt ut från och med den 16 juli 2021. De nationella regelverken är lagen (2022:1107) om marknadskontroll av EU-gödselprodukter och förordning (2022:1147) om marknadskontroll av EU-gödselprodukter.

Uttekade myndigheter har ansvar för marknadskontroll, vilket innebär att övervaka marknaden och vidta åtgärder mot företag som tillhandahåller produkter inom deras område. I Sverige är det Kemikalieinspektionen.

Det finns inte någon s.k. ”notifying body” i Sverige. De aktörer som vill anmäla produkter som EU-gödselprodukter måste använda utländska organ för den processen.

Förordning (EU) 2019/1009 omfattar sju kategorier av gödselprodukter:

- gödselmedel
 - oorganiska gödselmedel
 - organisk-mineraliska gödselmedel
 - organiska gödselmedel
- jordförbättringsmedel
- kalkningsmedel
- odlingssubstrat
- hämmare
- växtbiostimulanter
- mekaniskt blandade gödselprodukter

Organiska gödselmedel kan innehålla produkter framställda av animaliska biprodukter, till exempel komposterad eller rötad stallgödsel och benmjöl. Produkter som omfattas av förordning (EG) 1069/2009 som reglerar animaliska biprodukter¹⁰ och därav framställda produkter måste, för att få ingå i CE-märkta

¹⁰ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EG) nr 1069/2009 av den 21 oktober 2009 om hälsobestämmelser för animaliska biprodukter och därav framställda

produkter för fritt utsläppande på marknaden, genom den förordningen nå en s.k. slutpunkt. Vid uppnådd slutpunkt anses de inte längre utgöra en risk och omfattas inte längre av förordning (EG) 1069/2009.

I förordning (EU) 2019/1009 fastställs kriterier för hur material som utgör avfall enligt definitionen i direktiv 2008/98/EG¹¹ kan upphöra att vara avfall, om dessa ingår i en EU-gödselprodukt som uppfyller kraven.

Enligt förordning (EU) 2019/1009 kan industrislam och muddringsslam inte ingå i kategorierna för komponentmaterial. I kategorierna för komponentmaterialen struvit (CMC12) och aska (CMC13) får avloppsvatten och avloppsslam ingå.

Förordning (EU) 2019/1009 reglerar kvalitetskrav vid saluförandet av gödselprodukter, men inte hur de får användas.

5.2.1.1 Bedömd tillämpning i Sverige

Förordning (EU) 2019/1009 omfattar både mineralgödsel, organiska gödselmedel och återvunna näringsämnen som kan bidra till att utveckla den cirkulära ekonomin. Antalet aktörer som anmält sin verksamhet i Sverige i enlighet med tidigare regelverk är litet (ca 20 stycken) enligt Jordbruksverket (2019). De anger att i Sverige finns cirka 40 torvproducenter som kan bli en ny målgrupp med ambitionen att producera EU-gödselprodukter. Jordbruksverket bedömer också att det kan tillkomma några större biogasproducenter som vill marknadsföra rötresten. Utifrån detta antar Jordbruksverket att cirka 60-70 företag totalt skulle kunna vara intresserade.

Jordbruksverket uppfattning inför att förordning (EU) 2019/1009 skulle träda i kraft var att det i Sverige inte tidigare hade inneburit några konkurrensfördelar att marknadsföra produkter som EG-gödselmedel. För företag som vill tillhandahålla EU-gödselprodukter till andra medlemsstater kan det vara en fördel med detta gemensamma regelverk samt att inte behöva anpassa produkterna efter nationella regelverk som kan variera och även innehålla krav på förhandsgodkännande. Många andra medlemsstater har ett nationellt regelverk för gödselmedel som gör att steget från att uppfylla ett nationellt krav till att ta fram en EU-gödselprodukt för olika marknader inte är lika stort som i Sverige.

I de fall företag i tillverkar gödselprodukter i Sverige, där tillverkningen bygger på restflöden och de även planerar för export, kan EU-gödselprodukter vara en

produkter som inte är avsedda att användas som livsmedel och om upphävande av förordning (EG) nr 1774/2002 (förordning om animaliska biprodukter).

¹¹ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2008/98/EG av den 19 november 2008 om avfall och om upphävande av vissa direktiv.

möjlighet att få enklare tillträde till den gemensamma marknaden (Jordbruksverket, 2019).

Det finns fördelar med att använda systemet med EG-gödselmedelprodukter utifrån kvalitetssynpunkt. Det ger en slutprodukt med kända kvalitetskrav som även omfattar förekomsten av föroreningar. Om vi i Sverige ska öka återvinningen från avfall så är det en fördel om kvalitet och kvalitetskrav är tydliga för gödselmedlet.

Tidigare förordning om EG-gödselmedel¹² innehöll krav på anmälan till myndigheterna men ett sådant krav finns inte i förordning (EU) 2019/1009. Det betyder att det inte kommer att finnas information om i vilken omfattning företag kommer att marknadsföra gödselprodukter märkta enligt regelverket.

5.2.2 Regelverk gällande organiska gödselmedel

Flera olika slags organiska gödselmedel sprids på åkermark. Befintliga nationella regler fokuserar i regel endast på tillåten tillförsel av växtnäringsämnen. Det saknas författningsreglerade gränsvärden och andra krav beträffande innehållet av oönskade ämnen. Det gäller bland annat stallgödsel, biogödsel, kompost, organiska restprodukter från industrin samt fosforprodukter som återvunnits ur avloppsslam. Det finns inte heller regler för hygieniserande behandling av organiska gödselmedel, utom för animaliska biprodukter. För spridning av avloppsslam på jordbruksmark finns dock en förskrift¹³ med gränsvärden för tillförsel av tungmetaller till marken, gränsvärden för innehåll av tungmetaller i mark när spridning är tillåten m.m. Det nationella regelverket grundar sig på ett EU-direktiv¹⁴.

5.2.3 EU-direktivet om avloppsslam i jordbruket

Syftet med direktivet är att reglera användningen av avloppsslam i jordbruket så att skadliga effekter på jordbruksmark, miljö och hälsa hindras vid användning av slammet. Direktivet reglerar maximalt tillåtna halter av tungmetaller i slam och åkermark samt maximalt tillåtna metallgivor per år till åkermark. Direktivet reglerar också till vilka typer av grödor som slam får spridas.

Det är ett minimidirektiv och den nationella föreskriften innehåller mer strikta gränsvärden än vad direktivet gör. Både EU-direktivet från 1986 och den svenska föreskriften från 1994 behöver revideras bl.a. när det gäller gränsvärden och krav på hygienisering. Det ingår inte gränsvärden för organiska miljögifter, läkemedelsrester eller mikroplaster. EU-kommissionen utför nu en utvärdering av

¹² Förordning (2004/13) om EG-gödselmedel.

¹³ Föreskrifter (SNFS 1994:2) om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket.

¹⁴ Rådets direktiv 86/278/EEG av den 12 juni 1986 om skyddet för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket

direktivet och en revidering kommer sannolikt att starta efter att utvärderingen har presenterats.

EU-kommissionen skriver i EU:s handlingsplan för cirkulär ekonomi att det behövs en bättre integration av avloppsvattensektorn från tätorter för att nå den cirkulära ekonomin. Det är särskilt relevant för direktivet om avloppsslam som reglerar användningen av avloppsslam i jordbruket. I samband med revideringen av det s.k. avloppsdirektivet¹⁵ anges att för att säkerställa höga återvinningsgrader från slam, särskilt för kritiska material som fosfor, kommer kommissionen få mandat att fastställa minimiåtervinningsgrader.

Intentionen från kommissionen är att skärpa kraven på kvaliteten för avloppsslam och öka recirkulationen av näringsämnen. Möjligt är att det också omfattar förbättrat arbete uppströms i att minska förekomsten av föroreningar i avlopp. Det kommer dock att dröja många år innan EU-arbetet leder till verkställande av åtgärder och kan ge effekter när det gäller att återcirkulera kväve och fosfor i avloppsslam som i sin tur skulle kunna minska behovet av mineralgödsel.

Sverige behöver dock inte invänta skärpta EU-regelverk, utan skulle nationellt kunna ta fram gränsvärden för t.ex. PFAS och mikroplaster samt skärpta gränsvärden för tungmetaller för avloppsslam av en kvalitet som kan spridas på åkermark. Bedömningen i den offentliga utredningen Hållbar slamhantering är att den riskanalys som i dag är tillgänglig i sig inte utgör grund för ett totalt spridningsförbud för avloppsslam, men väl för en moderniserad gränsvärdessättning och ett regelverk för hygienisering av slam (SOU, 2020). En reviderad nationell författning skulle kunna leda till tillförsel till åkermark av avloppsslam med ökade kvalitetskrav. Det är framförallt fosfor i mineralgödsel som kan ersättas av fosfor från avloppsslam.

Nya tekniker kan också utvecklas för resursuttag från avlopp i form av t.ex. optimerat uttag av biogas, processa slambiol, avloppsfraktioner som liknar mineralgödsel och källsorterade fraktioner med högt växtnäringsinnehåll. Avloppsslammet kan komma att utgöra endast en av flera möjliga fraktioner som kan recirkuleras till åkermark. För dessa fraktioner finns dock inte regelverk med gränsvärden för föroreningar eller andra kvalitetskrav.

5.2.4 EU-förordningen om animaliska biprodukter

Produkter som omfattas av förordning (EG) nr 1069/2009¹⁶ som reglerar animaliska biprodukter och därav framställda produkter måste, för att få ingå i CE-

¹⁵ RÅDETS DIREKTIV av den 21 maj 1991 om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse (91 /271 /EEG).

¹⁶ Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1069/2009 av den 21 oktober 2009 om hälsobestämmelser för animaliska biprodukter och därav framställda produkter som inte är

märkta produkter för fritt utsläppande på marknaden, genom den förordningen få en s.k. slutpunkt. Vid uppnådd slutpunkt anses det inte längre utgöra en risk och omfattas inte längre av förordningen. Särskilda krav som kan komma att ställas är t.ex. krav på markörer eller begränsningar avseende förpackningsstorlek. Alla sådana krav har till syfte att inte material som t.ex. kött- och benmjöl eller andra otillåtna proteiner ska kunna riskera att hamna i foder till livsmedelsproducerande djur. Kommissionen förväntas lägga förslag på tillägg i förordningen om animaliska biprodukter för att den ska fungera ihop med förordningen om gödselprodukter.

5.2.5 Revidering av direktivet om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse

Avloppsreningsdirektivet antogs 1991 och syftet är att skydda miljön från oönskade effekter från avloppsvatten från reningsverk av en viss storlek och från vissa industrier¹⁷. EU-kommissionen menar att när det gäller potentialen för cirkulär ekonomi så innehåller direktivet begränsade bestämmelser om återanvändning av avloppsvatten och slam eller återvinning av värdefulla komponenter. Enligt en utvärdering av direktivet har dessa bestämmelser aldrig tillämpats strikt, delvis på grund av bristen på starka harmoniserade standarder på EU-nivå och de potentiella riskerna för människors hälsa.

En revidering av direktivet är relativt långt kommen i processen och kommissionen har presenterat ett förslag till omarbetat direktiv i oktober 2022. EU-kommissionen tar upp att ett skäl till revideringen är anpassning av direktivet till den europeiska gröna given som bl.a. ställer upp ambitiösa politiska mål för att bekämpa klimatförändringar, förbättra cirkulariteten i EU:s ekonomi och minska negativa miljöeffekter. EU-kommissionen menar att ytterligare ansträngningar behövs gällande avloppsvatten för att förbjuda sådana industriella utsläpp till reningsverk som förorenar avloppsvatten och slam och därmed hindrar de cirkulära flödena. Vidare att minska utsläppen av växthusgaser, minska energiförbrukningen och att bidra till cirkulär ekonomi genom att förbättra slamhanteringen, särskilt genom att bättre återvinna kväve och fosfor och eventuellt organiskt material.

Ett förslag till artikel lyder ”Avloppsslam kommer att behöva behandlas och återvinnas närhelst det är lämpligt i enlighet med avfallshierarkin enligt definitionen i ramdirektivet för avfall och med kraven i slamdirektivet, och klassas i enlighet med kraven i ramdirektivet för avfall. För att säkerställa höga återvinningsgrader, särskilt för kritiska material som fosfor, kommer kommissionen att få mandat att fastställa minimiåtervinningsgrader (minimum

avsedda att användas som livsmedel och om upphävande av förordning (EG) nr 1774/2002. EUT L 300, 14.11.2009, s. 1–33. Celex 32009R1069

¹⁷ Rådets direktiv 91/271/EEG av den 21 maj 1991 om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse.

reuse and recycling rates for phosphorus and nitrogen from sludge).” Kommissionen menar att åtgärderna för att bättre övervaka och minska föroreningar vid källan från icke-hushåll (non-domestic discharges) kommer att bidra till att förbättra kvaliteten på det producerade slammet och säkerställa att det används på ett säkert sätt inom jordbruket.

5.2.6 EU:s nitratdirektiv

EU:s nitratdirektiv¹⁸ har som syfte att motverka vattenförorening på grund av nitrater från jordbruket. I direktivet finns ett tak på att högst 170 kg kväve per hektar och år får tillföras i stallgödsel inom de utpekade nitratkänsliga områdena. Alla medlemsstater måste tillämpa denna gräns om de inte har sökt om undantag.

”Renure” är näringssalter renade från stallgödsel eller biogödsel och minst 90 procent av totalkvävet i dessa gödselmedel ska vara mineralkväve. Målet är att delvis ersätta mineralkväve med kväve som har ursprung i organiska gödselmedel.

Det blir då en avvägning om mineralgödsel men med ursprung i stallgödsel ska tillåtas utöver taket på tillförsel av 170 kg kväve per hektar från stallgödsel.

Joint Research Center¹⁹ föreslår i en rapport harmoniserade kriterier för att kunna tillåta att mineralgödsel med ursprung i organiska gödselmedel används som mineralkvävegödsel enligt definitionen i nitratdirektivet (Huygens m.fl., 2020). Kriterierna för ”renure” gör att produkten bedöms som ett mineralgödselmedel. Därmed omfattas de inte av begränsningen på 170 kg kväve per hektar. ”Renure-gödselmedel” anses däremot behöva särskilda spridningsregler.

Enligt EU-kommissionären (DG-Agri) sprids mer än 90 procent av stallgödseln i jordbruket och endast 10 procent kan bli aktuell för vidareförädling till ”renure-gödselmedel” (Agra-facts, 2022). Det är alltså en begränsad mängd stallgödsel som är intressant för framställning av ”renure-gödselmedel”. Sannolikt kommer användningen av ”renure-gödselmedel” vara mest intressant i EU-länder där det finns ett överskott av växtnäring i stallgödsel. Det går att processa stallgödseln så att slutprodukten inte räknas som ett organiskt gödselmedel. Därmed behöver den inte räknas in i den högst tillåtna mängden 170 kg kväve per hektar vilket är svårt att klara för flera EU-länder utan att minska djurantalet.

¹⁸ Rådets direktiv 91/676/EEG av den 12 december 1991 om skydd mot att vatten förorenas av nitrater från jordbruket.

¹⁹ Joint Research Centre (JRC), Europeiska kommissionens vetenskaps- och kunskapsinstitut, som tillhandahåller vetenskapliga bevis genom hela politikcykeln.

Referenser

Agra-facts. 2022. No.91-22. 17 oktober 2022.

Avfall Sverige. 2022. Certifierad biogödsel SPCR 120. Årsrapport 2020.

Avfall Sverige. 2023. <https://www.avfallsverige.se/fakta-statistik/certifierad-atervinning>

Brentrup, F., Lammel, J., Stephani, T., Christensen, B., 2018. Updated carbon footprint values for mineral fertilizer from different world regions. LCA Food 2018 and LCA AgriFood Asia 2018: (1-B) From Farm to Table.

Delin, S., Stenberg, M., 2013. Effect of nitrogen fertilization on nitrate leaching in relation to grain yield response on loamy sand in Sweden

Gruvaeus, I. 2018. Fast slog flytande kvävegödsel. Växtpressen, vol. 2, ss. 20- 21.

Huygens, D., Orveillon, G., Lugato, E., Tavazzi, S., Comero, S., Jones, A., Gawlik, B. and Saveyn, H. 2020. Technical proposals for the safe use of processed manure above the threshold established for Nitrate Vulnerable Zones by the Nitrates Directive (91/676/EEC). EUR 30363 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020.

Jordbruksverket. 2019. Förslag till ny lag och förordning med anledning av den nya förordningen (EU) 2019/1009 om EU-gödselprodukter. Dnr 4.2.17-15411/2019

Jordbruksverket, 2022. Jordbruksinformation 15 – 2022, Rekommendationer för gödsling och kalkning 2023

Lövstaf, E., 2020. Applicering av kväve i fast och flytande form. Examensarbete, SLU, 2020

SCB. 2020. SCB:s statistikdatabas. Gödselmedel och odlingsåtgärder i jordbruket. ”Användning av kväve (N) och fosfor (P) från stall- och mineralgödsel 2018/19”.

SCB. 2022. Utsläpp till vatten och slamproduktion 2020. MI 22 SM 2201.

SOU. 2020. Återvinning och cirkulär återföring av fosfor och andra näringsämnen. SOU 2020:3.

Svenskt Vatten. 2023. <https://www.svensktvatten.se/vattentjanster/avlopp-och-miljo/kretslopp-och-uppstomsarbete/revaq-certifiering>

OECD. 2018. Taxation in agriculture.

Bilaga 2

Att säkra tillgången på gödselmedel för svenska lantbrukare: En översikt av initiativ i Sverige

- I den här rapporten presenterar vi femton företagsinitiativ inom åtta olika resursflöden, som skulle kunna bidra till framtida svensk gödselmedelsproduktion. Sex av initiativen har studerats mer ingående.
- Stora initiativ inom vätgasproduktion och restprodukter från gruvindustrin kan under vissa förutsättningar täcka mycket av de svenska behoven av kväve och fosfor. Mindre initiativ inom andra resursflöden kan vara skalbara. Inom avloppsvatten behövs dock ett ändrat uppdrag för reningsverk eller krav på näringsåtervinning.
- De initiativ som återfunnits skulle i viss mån kunna samverka med varandra och skapa starka svenska värdekedjor inom gödselmedelsproduktion och därmed undvika import av insatsvaror.

I den här rapporten kartlägger och beskriver Ramboll företagsinitiativ inom gödselmedelsproduktion som är kommersialiserade eller under utveckling i Sverige. Rapporten beskriver översiktligt initiativ inom olika resursflöden och beskriver sedan ett urval av företagen mer på djupet. Dessa kan anses särskilt intressanta vad gäller potential och beskrivs ur ett antal aspekter. Uppdraget är en del av Jordbruksverkets regeringsuppdrag som innebär att analysera nuvarande kapacitet och förutsättningar för inhemsk gödselmedelsproduktion samt framtida tillgång på växtnäring för svenska grödor.

Författare

Anna Löfmarck, Henrik Nordzell

Ramboll

Sammanfattning

Den här rapporten är en kartläggning av initiativ inom gödselmedelsproduktion som är kommersialiserade eller under utveckling i Sverige. Syftet har varit att undersöka potentiella resursflöden och företagsinitiativ inom dessa. Sammanlagt behandlar rapporten femton initiativ inom åtta olika resursflöden. Sex av initiativen och deras förutsättningar har studerats mer ingående. De har på olika sätt potential att bidra med väsentliga volymer av näringsämnen.

Stora initiativ täcker mycket av behovet

Två av initiativen inom vätgasproduktion och restprodukter från gruvindustrin bedöms kunna tillgodose de svenska behoven av kväve och fosfor. Ett initiativ inom restprodukter från industriproduktion tar fram kaliumsulfat, dock gjord på importerad kaliumklorid och som ej är anpassad för svenskt behov. Det behövs stora mängder el, miljötillstånd och lång tid innan dessa volymer kan realiseras. Rapporten tar även upp två ytterligare intressanta initiativ som skulle kunna bidra med substantiella mängder kvävegödselmedel.

Skalbara initiativ skulle också kunna bidra

Initiativ inom restflöden från pappersmassabruk, avloppsvatten och rötresten från biogasanläggningar är småskaliga idag men skulle kunna bli attraktiva på många platser, om exempelvis reningsverk får ändrade uppdrag eller avfallsagstiftning gör det mer intressant och lönsamt att återvinna näringsämnen.

Konkurrenskraftiga värdekedjor kan skapas

De företag som studerats har i viss mån grupperat sig i konstellationer som konkurrerar mer än de samverkar. Ramboll bedömer att det finns flera möjligheter att köpa insatsvara från ett initiativ och sedan förädla den i ett annat, i stället för att importera. Att samordna initiativ skulle kunna skapa starka och konkurrenskraftiga värdekedjor inom svensk gödselmedelsproduktion.

Summary

This report describes different initiatives within the production of fertilizers that are commercialised or in a development phase in Sweden. The aim has been to describe potential resource flows and company initiatives within these. Altogether the report contains fifteen initiatives within eight different resource flows. Six of the initiatives and the conditions surrounding them have been studied in more depth. They have the potential to contribute significant volumes of nutrients.

Large initiatives cover a big part of the needs

Two of the initiatives within hydrogen production and residue from mining industries seem to be able to cover the Swedish need of nitrogen and phosphorus. One initiative within residue from industrial production will produce potassium sulfate, but imports potassium chloride to do so, and is not adapted to Swedish needs. Substantial amounts of electric power, environmental permits and long lead times are preconditions before the volumes can be realized. The report also mentions two more interesting initiatives that could contribute with substantial amounts of nitrogen fertilizers.

Scalable initiatives could also contribute

Three initiatives within residue from paper mills, sewage, and residue from the production of biogas are small today but could be scalable, if for example wastewater plants get different missions or if end-of-waste legislation makes it more interesting and profitable to recycle nutrients.

Competitive value chains may be created

The companies studied have partly joined different constellations that compete more than they collaborate. Ramboll judges that there are several opportunities where one initiative could buy input materials from another initiative and add value to it, instead of importing the inputs. Coordinating those initiatives could create strong and competitive value chains in Sweden within fertilizer production.

1 Inledning

Ramboll har fått i uppdrag att kartlägga potentialen i de initiativ och framtida möjligheter som finns i Sverige för inhemsk produktion av gödselmedel och potentialen vad gäller volym, lönsamhet och hållbarhet. Uppdraget ska bidra med ett kunskapsunderlag inför fortsatta analyser kring lantbrukets tillgång på gödselmedel och hur den kan säkras i perioder av osäkerhet. Två andra kartläggningar kompletterar den här. Dels en kartläggning av initiativ för teknik- och produktimport av mineralgödsel från EU, Norge och UK (fortsättningsvis den internationella kartläggningen, vilken återfinns som bilaga 3 i Jordbruksverkets rapport), dels ett kunskapsunderlag från Jordbruksverket (bilaga 1 i Jordbruksverkets rapport).

1.1 Kartläggningens omfattning och avgränsningar

Med *gödselmedel* avses både mineralgödsel (i fast och flytande form), stallgödsel (flytgödsel, urin och fastgödsel) samt andra organiska gödselmedel som slam, rötresten etcetera. Dessa gödselmedel innehåller olika växtnäringsämnen, som kan vara dels makronäringsämnen (kväve, fosfor, kalium och svavel) och olika mikronäringsämnen (Se bilaga 1 i Jordbruksverkets rapport)

Denna kartläggning ska omfatta de initiativ som har förutsättning att bidra med substantiella volymer av kväve, fosfor, kalium och svavel samt mikronäringsämnen (i första hand bor och mangan). Med substantiella menar Jordbruksverket att volymerna täcker en stor del av det svenska lantbrukets behov av växtnäring på 10–30 års sikt.

Fokus kommer att vara på initiativ med kväve, fosfor och kalium i någon mix eller i ej sammansatta gödselmedel. Kartläggningen utesluter inte småskaliga alternativ som kan upprepas på många ställen.

Uppdraget omfattar inte initiativ som bygger på stallgödsel, förutom om det gäller vidareförädling och större volymer.

Framställda insatsvaror till gödselmedelsproduktion (till exempel ammoniumsulfat) ska ingå i kartläggningen av initiativ. Dock noterar Ramboll att dessa kan ha fler avsättningar än att ingå i gödselmedel.

Ramboll ska inte fokusera på efterfrågan på lång sikt. Ramboll ska dock bedöma initiativens potential för den svenska marknaden utifrån behov och användbarhet.

1.2 Kartläggningens utmaningar



Figur 1: flera initiativ har ännu inte beslutat om i vilket skede de lämnar värdekedjan
Källa: Illustrativ bild av Ramboll

Flera av de identifierade initiativen i den nationella kartläggningen (och i den internationella kartläggningen) är ännu under utveckling och har olika långt kvar till kommersialisering. Det innebär att information om vilken slutprodukt ett specifikt initiativ kommer att resultera i ofta inte är tillgänglig, många företag arbetar fortfarande med att besluta om var i värdekedjan deras roll avtar. De kan exempelvis välja mellan att utveckla en egen gödselprodukt eller att sälja insatsvaran till ett gödseltillverkande företag, se Figur 1. Det här innebär att kartläggningen fokuserar på mängden näringsämne som en teknik förväntas kunna resultera i snarare än mängden färdig gödselmedelsprodukt.

Ytterligare en utmaning är att bevara en objektiv hållning vid redovisning av företags egna uppgifter från intervjuer. Ramboll har så långt det varit möjligt försökt att ha ett kritiskt förhållningssätt till olika utsagor, både de som handlar om fördelar med det egna företagets verksamhet och de utsagor som rör konkurrerande tekniker. Antingen har vi funnit rapporter som styrker utsagor eller så har vi lagt in kommentarer om att det kan finnas avvikande uppfattningar.

1.3 Dagens gödselmedelsanvändning och ursprung

I ett pågående forskningsprojekt lett av IVL (Baresel, 2022) beskrivs nuläget kring behovet av olika näringsämnen på följande övergripande sätt. Inom jordbruket används gödsel i stor utsträckning för att återföra näringen till jorden som grödorna tagit upp. Typen av gödsel som används beror på jordbrukets produktionsinriktning. Stallgödsel används i huvudsak på den egna gården för gårdar med djur, medan mineralgödsel används på gårdar med djur och/eller växtodling. För ekologisk växtodling får dock inte mineralgödsel användas (Statens offentliga utredningar, 2021).

Vid tillverkningen av mineralgödsel styrs vilka näringsämnen och i vilken mängd dessa ska finnas i produkten. Mineralgödsel säljs både som enkla gödselmedel dvs. gödselmedel som bara innehåller ett näringsämne, exempelvis kväve (N), fosfor (P) och kalium (K), och som sammansatta gödselmedel i vilka olika näringsämnen kombineras, till exempel NPK-gödsel som består av kväve, fosfor och kalium.

Den största producenten av mineralgödsel till den svenska marknaden idag är Yara. Yaras produktionsanläggningar för kväve, fosfor och kaliumgödselmedel finns bland annat i Norge, Tyskland, Finland och Nederländerna (Statens offentliga utredningar, 2021). Yara har ingen tillverkning i Sverige av annat än ammoniumnitrat för sprängämne. Yara levererar till alla stora distributörer som levererar till lantbruk. I Norge används fossil gas och under 2023 kommer det att startas produktion av elektrolyserad vätgas. Vid akut brist och av beredskapsskäl kan Yara ställa om sin sprängämnestillverkning i Sverige till gödselmedel, men även sprängämnen kan behövas av beredskapsskäl. Yara uppger att tanken är långsökt men inte utesluten och uppger inte något om volymer, tidsperspektiv eller omställningskostnader.

Mineralgödselkväve tillverkas från ammoniak och processen är både mycket energikrävande och ger upphov till stora växthusgasutsläpp. Kväve är det näringsämne som oftast begränsar skörden och om växttillgängligt kväve inte sprids på våren minskar skörden med 30–60 % redan första året för våra vanligaste grödor. Kväveförsörjningen är mycket sårbar i och med att mineralkväve står för 83 % av det spridda växttillgängliga kvävet och vi saknar tillverkning av mineralgödselkväve i Sverige (Jönsson, 2019).

För fosfor bygger mineralgödseltillverkning på tillverkning från apatit eller råfosfat. Av den fosforråvara man känner till idag finns 85 % av alla kända reserver i bara fem länder globalt, och totalt över 70 % av de kända reserverna ligger i Marocko och Västsahara. Över 80 % av den globala produktionen finns i Kina, Ryssland, Marocko, Västsahara och USA, vilket gör att de flesta av världens länder är starkt importberoende (Brownlie et al., 2022). Av den fosfor som sprids i jordbruket kommer 42 % från mineralgödsel (Jönsson, 2019). 85 % av den mineralgödsel fosfor som säljs i Sverige kommer från Finland och Ryssland, och resterande 15 % kommer från ett israeliskt företag (Statens offentliga utredningar, 2021).

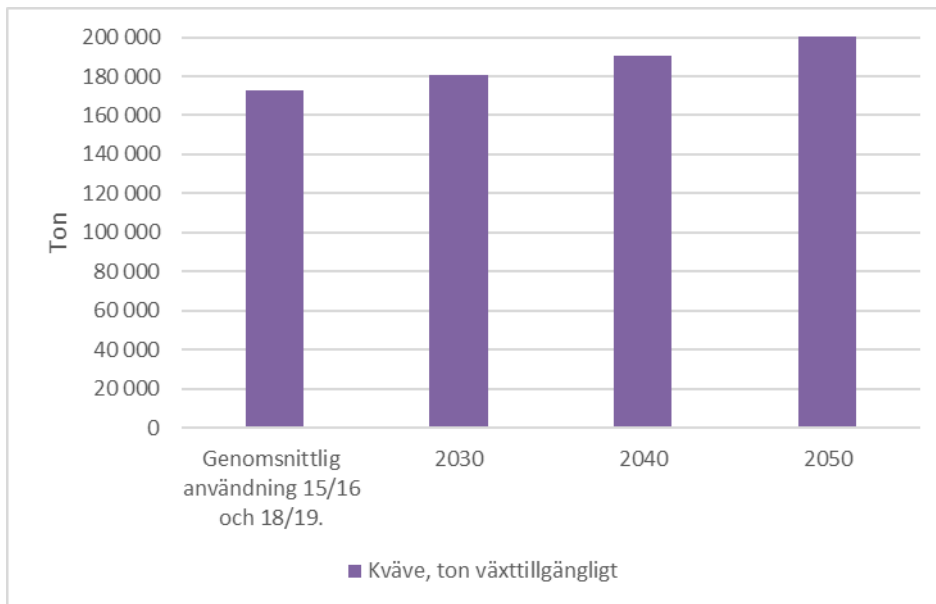
Kalium tillförs i störst utsträckning från stallgödsel och bara 23 % sprids i form av mineralgödsel. Allt mineralgödselkalium importeras idag (Jönsson, 2019).

Betydelsen av svavel är stor både som råvara för svavelgödselmedel och vid produktion av fosforgödselmedel som använder mer än hälften av världens svavelsyraproduktion (Barasel, 2022).

I sitt huvudscenario (1) har Jordbruksverket utifrån kända trender gjort en framräkning av dagens gödselmedelstillförsel av växttillgängligt kväve²⁰, se Figur

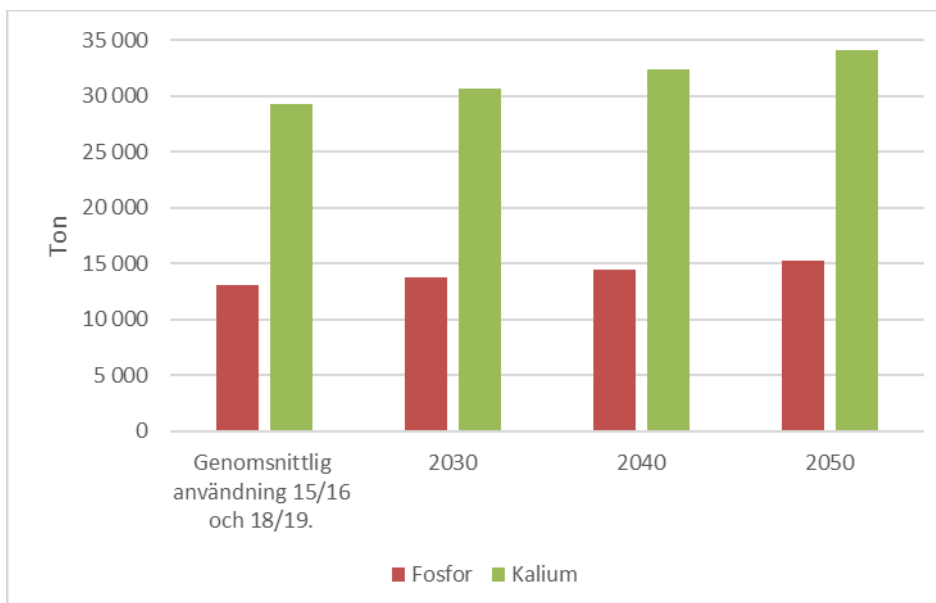
²⁰ Kvävet i organiska gödselmedel finns dels bundet i organiska föreningar, dels som oorganiskt ammoniumkväve. Ammoniumkvävet är växttillgängligt direkt efter spridning, medan den organiska fraktionen måste mineraliseras innan den blir växttillgänglig, se mer under avsnitt 1.4.

2, samt fosfor och kalium, se Figur 3. Om målsättningen är att ersätta all mineralgödsel som säljs i Sverige med inhemsk produktion skulle omkring 180 000 ton kvävegödselmedel, 14 000 ton fosforgödselmedel och 30 000 ton kaliumgödselmedel behöva kunna produceras till år 2030.



Figur 2 Framskrivnen gödselmedelsanvändning, angivet i växttillgängligt kväve, år 2030, 2040 och 2050.

Källa: Jordbruksverkets egen beräkning utifrån SCBs statistikdatabas - Tillförsel av kväve efter region, växtnäringssämne, grödgrupp, tabellinnehåll och år, brutna



Figur 3 Framskrivnen gödselmedelsanvändning, fosfor och kalium, år 2030, 2040 och 2050.

Källa: Jordbruksverkets egen beräkning utifrån SCBs statistikdatabas - Tillförsel av fosfor och kalium efter region, växtnäringssämne, grödgrupp, tabellinnehåll och år, brutna

1.4 Gödselmedelstyper och användbarhet

Organiskt material i marken omfattar allt levande och dött material från växter och djur, även mikroorganismer. Organiskt material i marken är en avgörande faktor för jordens bördighet och bidrar till växtligheten. Det binder näringsämnen i jorden, lagrar dem och gör dem tillgängliga för växterna. Organiskt material innehåller markorganismer, från bakterier till maskar och insekter bidrar till att omvandla växtdelar. I tillägg bevarar materialet markstrukturen och förbättrar på så sätt vatteninfiltreringen, minskar avdunstningen, ökar vattenlagringsförmågan och motverkar alltför hård packning av marken.²¹

Det organiska materialet innehåller kol, kväve och ofta ett antal andra grundämnen. Näringsämnen som tas upp av växternas rötter byggs in i växtmassan. Även rötresterna från biogasproduktion föreligger i organiska former. Men rötresterna har genomgått en nedbrytningsprocess under rötningen, så kvävet i denna gödsel är snabbare tillgängligt än i flera andra organiska gödselmedel.

Eftersom växtnäringen tas upp av rötterna i relativt enkla jonformer, måste det organiska materialet brytas ner innan näringsämnena kan tas upp av grödorna. Denna nedbrytning sker genom mikrobiella processer i marken. Mikroorganismer och bakterier använder det organiska materialet för sin egen metabolism och resterna av deras konsumtion blir så småningom enklare föreningar. Hur lång tid det tar innan till exempel kvävet är upptagbart för växterna beror på vilka förhållanden som råder i marken. Mikroorganismer behöver fukt och värme och processen styrs därmed av vädret. Därför är det svårt att förutsäga när kvävet i stallgödsel eller andra organiska produkter blir tillgängligt.

I mineralgödsel däremot är näringen inte bunden i så komplexa föreningar, utan kan tas upp av rötterna snabbare. Men även olika kväveformer i mineralgödsel har olika effektivitet.

Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ är en koncentrerad produkt med 46% kväve. För att kvävet ska kunna tas upp behöver produkten omvandlas. Detta sker i några steg:

1. Mikrobiell omvandling till ammoniak, NH_3 . Denna process är beroende av temperatur och markfukt och kan ta tid om det är kallt och torrt.
2. Ammoniak som är en gas kopplar gärna snabbt på sig en vätejon och blir till **ammonium** (NH_4^+). I vilken omfattning detta sker beror på pH-värdet i marken. Om högt pH är risken större för ammoniakavgång. (relativt stark växthusgas)

²¹ <https://www.eea.europa.eu/sv/articles/jord>

Eftersom ureakväve måste omvandlas före upptag är det långsamverkande.

Ammoniumkväve (NH_4^+) är upptagbart av rötterna. Problemet är att denna kväveform lätt fastläggs och inte är löst i markvätskan. Därför transporteras ammonium inte till rötterna. För att transport i markvätskan ska kunna ske behöver ammoniumjonerna omvandlas till nitrat, NO_3^- . Denna omvandling kan också ta lite tid och är även den beroende av fukt och temperatur.

Nitratkväve (NO_3^-) löses lätt i markvätskan och transporteras till rötterna om det inte är för torrt. Därför är denna kväveform den mest effektiva och mest snabbverkande. Speciellt vid sena gödslingar, så kallad kompletteringsgödsling, är nitratkväve det bästa alternativet.

Kvävegödselmedel innehåller olika kväveformer

De kvävegödselmedel som används i lantbruket innehåller varierande halter av kväve och olika kväveformer. Beroende på formulering är produkterna mer eller mindre snabbverkande. Hur effektiviteten blir beror av väder och gödslingstidpunkt.

Urea kan vara nästan lika effektivt som andra kvävegödselmedel om den tillförs tidigt på säsongen och om den myllas ner i jorden. Men om det är kallt och torrt och om produkten hamnar på markytan sker omvandlingen långsamt och produkten är mindre effektiv. Det vill säga, man måste gödsla med större mängd för att uppnå samma effekt som med andra produkter. I varmare områden än Norra Europa är Urea den vanligaste produkten.

Ammoniak (NH_3) är en gas och används främst som råvara vid produktion av kvävegödselmedel. Men ammoniak kan också användas för gödsling. Ammoniaken fälls då ner i marken. Användningen i Sverige och Europa är liten och risken för förluster är ganska stor.

Ammoniumsulfat består av ammonium- och sulfatjoner $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Denna produkt kan gödslas direkt, eller användas som råvara vid produktion av ammoniumnitrater. Vid gödsling med produkten krävs omvandling till nitrat för att kvävet ska kunna transporteras i marken. Därför är produkten mindre snabbverkande och effektiviteten ofta lägre jämfört med produkter innehållande nitrat. Dock är den mer snabbverkande än urea. Huvudsakligt användningsområde är som råvara vid mineralgödselproduktion. Produkten är en relativt billig svavelkälla jämfört med kieserit som är ett annat alternativ för svavelråvara.

Ammoniumnitrater (NH_4NO_3) kallas de produkter som innehåller både ammonium- och nitratjoner. Ungefär hälften ammonium- och hälften nitratkväve ingår. Denna typ av kväve finns oftast i olika NPK produkter och i kväveprodukter med svavel, så kallade NS produkter. NS 27-4 är ett av de vanligaste

mineralgödselmedlen och baserat på ammoniumnitrat. N34 är ett annat exempel på ett ammoniumnitratbaserat kvävegödselmedel.

Nitrat är den snabbast verkande kväveformen. **Kalksalpeter**, som innehåller 15,5% kväve totalt är huvudsakligen nitratbaserat. Nitratet i denna produkt föreligger som kalciumnitrat, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Kalksalpeter är den dyraste kväveprodukten, men när det krävs snabb effekt är den det bästa alternativet. Vanligen används Kalksalpeter vid sena gödslings i stråsäd, till potatis och till frilandsgroänsaker, där en snabb och säker effekt eftersträvas. Två bekymmer finns dock som måste tas i beaktande. För det första är nitrat lättrörligt i marken och kan lakas ut. För det andra kan nitrat vid vattenmättnad (mycket regn) genomgå denitrifikation, varvid klimatgasen lustgas bildas.

Det finns fler produkter med andra kombinationer av tidigare nämnda kväveformer, till exempel ASN (ammonium sulfate nitrate) och UAN (urea ammonium nitrate) Dessa produkter är dock inte så vanliga i Sverige. Den största kväveprodukten i Sverige är NS27-4.

Fosforgödselmedel

Kalciumfosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) är den typ av fosfor som finns i apatit och som fosforsyran tillverkas av.

Fosforsyra (H_3PO_4) är oftast ingående komponent vid produktion av NPK produkter. Den framställs genom att råvaran, apatiten, behandlas med svavelsyra (H_2SO_4). I de norska fabrikena används salpetersyra (HNO_3) i stället för svavelsyra, varvid Kalksalpeter blir biprodukt i stället för gips.

Den fosfor som tillförs svenska grödor med mineralgödsel läggs främst i form av olika NPK-produkter. P- eller PK-produkter används också, men i mindre omfattning. Användningen av DAP (se nedan) i Sverige är ytterst begränsad.

Ammoniumfosfat (MAP, DAP) – båda dessa produkter består av ammoniumkväve i kombination med fosfat. De kan användas som gödselmedel eller ibland som råvara eller del av råvara vid NPK-produktion. MAP (monoammoniumfosfat) är ett viktigt gödselmedel i jordbruket som en källa till kväve och fosfor. Detta gödselmedel innehåller den högsta mängden fosfor jämfört med andra tillgängliga gödselmedel. MAP är ofta använd i Sverige som startgiva på hösten till höstsäd eller till majs på våren. DAP, diammoniumfosfatgödsel, är världens mest använda gödselmedelstyp. Jämfört med andra typer av gödselmedel har DAP relativt högt näringsinnehåll.

Struvit (magnesiumammoniumfosfat, $\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) fälls ut i vissa reningsverk ur rejektivatten vid avvattning av rötslam. En cirkulär fosforråvara. Dock är återvinningsgraden av fosfor från reningsverken lägre än vid exempelvis förbränning av slammet.

Hydrokol produceras genom att avvattnat slam behandlas med hydrotermisk karbonisering (HTC) till ca 60-65 % TS. Hydrokolet kan användas både som jordförbättringsmedel och biobaserat gödselmedel. När tekniken används på avloppsslam hamnar ca 40% av ingående kväve samt 98-99% av fosfor i hydrokolet (SVU, 2022).

Biokol är en kolrik produkt som produceras av torkat slam som sedan genomgår pyrolys. Det kan bland annat användas till jordförbättringsmedel och absorptionsmaterial inom vattenrening. Fosfor återfinns i biokolet och kan användas som långverkande fosforgödselmedel (SVU, 2022).

Kaliumgödselmedel

Kaliumklorid (MOP) är den vanligaste och billigaste råvaran vid framställning av kaliumgödselmedel. Kaliumklorid bryts i gruvor eller dagbrott och är ett salt (KCl) bestående av hälften kaliumjoner och hälften kloridjoner. Kan också spridas direkt i kornad form. De allra flesta NPK produkter är baserade på kaliumklorid. Men vissa grödor är känsliga för klor, till exempel potatis, frilandsgroänsaker (lök, morot, betor, ärtor mm.) och jordgubbar.

Kaliumsulfat (SOP) – om kaliumklorid kombineras med kieserit (magnesiumsulfat, $MgSO_4$) får man kaliumsulfat (K_2SO_4). Denna kaliråvara är dyrare än MOP, men behövs i specialgödselmedel för klorkänsliga grödor.

Gödselmedel med svavel

Polysulfat är en naturlig mineral (polyhalite) som bryts i gruva. Mineralen kornas ner till 2–4 mm stora partiklar som kan förse grödor med svavel. Polysulfat innehåller 19 % svavel samt 12 % kalium, 12 % kalcium och 3,6 % magnesium. Polysulfat är allroundprodukt men i och med att polysulfat är ett mineral krävs det 30–50 mm regn för att det ska ge effekt²².

Kieserit - magnesiumsulfat ($MgSO_4 \cdot H_2O$) är en svavel/magnesiumprodukt som innehåller 20 % svavel och 15 % magnesium i form av 2–5 mm stora granuler. Den passar till grödor som behöver svavel och magnesium, speciellt på marker som är rika på kalium i förhållande till magnesium. Produktens näringsämnen är vattenlösliga, vilket gör att de ger effekt direkt. På djurgårdar med mycket stallgödsel och lågt magnesiuminnehåll i jorden kan Kieserit balansera upp den mängd kalium som tillförs med stallgödseln. Som råvara för gödselmedelsproduktion var kieserit vanligt förr men idag byts den ofta ut mot ammoniumsulfat av kostnadsskäl.

²² [Polysulfat - Gödning tillverkad av ekoodlare för ekoodlare \(ekovax.se\)](https://www.ekovax.se)

Kalciumsulfathydrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) – eller Gips, kan användas som strukturförbättringsmedel. Gips är en restprodukt vid fosforsyrafabriker med ganska högt svavelinnehåll, men det kan vara svårt att hitta en avsättning för det.

Nästan alla NPK-produkter i dag innehåller svavel.

1.5 Lagkrav för cirkulär användning av näringsämnen

Många av de potentiella källorna till näringsämnen för gödselmedelsproduktion i Sverige utgår från att ämnena tillvaratas från olika produktionsprocesser eller utvinns ur avfall. Det kan handla om restflöden från tillverkning av olika produkter och olika avloppsfraktioner. Förutsättningarna för att bättre tillvarata växtnäring med ursprung i olika restflöden i samhället påverkas i stor utsträckning av EU-regelverk²³ vars bestämmelse implementerats i svensk lagstiftning. Beroende på om dessa restflöden är att betrakta som biprodukter (och därmed som produkter) eller som avfall så kan detta påverka både möjligheterna och omfattningen på den insats som krävs för att näringen ska kunna nyttiggöras. Detta avsnitt beskriver vilka bedömningar som behöver göras och vilka kriterier som finns.

1.5.1 Restprodukter – biprodukt eller avfall

Restprodukter är material som oavsiktligt produceras eller uppstår till följd av, eller i en tillverkningsprocess av en produkt. Om produktionen är avsiktlig är det ingen restprodukt utan en produkt. För att en restprodukt ska kunna användas direkt eller som råvara i tillverkningen av en ny/annan produkt, t.ex. ett gödselmedel, så behöver en bedömning göras beträffande om restprodukten är att betrakta som en biprodukt eller ett avfall. Resultatet av bedömningen kan få stora konsekvenser för vilken hantering och vilken dokumentation som krävs. Kriterierna för vad som utgör en biprodukt finns i Miljöbalken 15 Kap, 1§;

”Med avfall avses i denna balk varje ämne eller föremål som innehavaren gör sig av med eller avser eller är skyldig att göra sig av med.

Ett ämne eller föremål som uppkommit i en produktionsprocess där huvudsyftet inte är att producera ämnet eller föremålet ska anses vara en biprodukt i stället för avfall, om

- 1. det är säkerställt att ämnet eller föremålet kommer att fortsätta användas,*
- 2. ämnet eller föremålet kan användas direkt utan någon annan bearbetning än den bearbetning som är normal i industriell praxis,*
- 3. ämnet eller föremålet har producerats som en integrerad del av produktionsprocessen, och*

²³ I detta avseende är Direktiv 2008/98/EG om avfall särskilt betydelsefullt.

4. *den användning som avses i 1 inte strider mot lag eller annan författning och inte leder till allmänt negativa följder för miljön eller människors hälsa.*”

Det finns en mängd vägledningar, fallbeskrivningar och domar kopplade till hur ovanstående punkter ska tolkas vilket inte beskrivs ytterligare i denna rapport. Ovanstående punkter bedöms kumulativt, dvs. alla måste visas vara uppfyllda för att en restprodukt ska kunna anses vara en biprodukt. För biprodukter gäller samma regler som produkter och det är därför viktigt att påpeka att för t.ex. kemiska ämnen så innebär 15 kap. 1 § andra stycket fjärde punkten att ämnena omfattas av kemikalieförordningen Reach²⁴ och dess registreringsplikt. Det generella undantag för vissa ämnen som finns i artikel 2.7(b) och som specificeras för biprodukter i Bilaga V(5) till Reach gäller inte om biprodukten släpps ut på marknaden. För biprodukter gäller samma regler som för produkter då en biprodukt aldrig har lämnat produktstadiet och omfattats av avfallslagstiftningen.

Om restprodukten inte är en biprodukt är den i stället ett avfall. Det är fortfarande möjligt att använda ämnen som återvinns ur ett avfall för till exempel gödselmedelsändamål men för att ett avfall ska kunna ingå i en produkt som sätts på marknaden krävs att avfallet först har upphört att vara avfall.

1.5.2 Avfall som upphör att vara avfall

För att ett avfall ska kunna ingå i en produkt som sätts på marknaden krävs att avfallet har upphört att vara avfall. Materialet eller ämnet lämnar därmed avfallslagstiftningen och reglerna för produkter gäller i stället. För några få materialslag så finns det EU-gemensamma kriterier för vad som krävs för att avfallet ska uppföra att vara avfall, s.k. EoW (End-of-Waste) kriterier. Det här gäller för närvarande för järn-, stål- och aluminiumskrot, glaskross och kopparskrot. Då nationella EoW kriterier saknas så måste en bedömning ske från fall till fall utifrån kriterierna i Miljöbalkens 15 kap 9a§. Kriterierna listas nedan:

”Avfall som har genomgått ett återvinningsförfarande upphör att vara avfall om

1. *ämnet eller föremålet ska användas för ett visst ändamål,*
2. *det finns en marknad för eller efterfrågan på sådana ämnen eller föremål,*
3. *ämnet eller föremålet uppfyller tillämpliga krav i lag och annan författning, och*
4. *användningen av ämnet eller föremålet inte leder till allmänt negativa följder för människors hälsa eller miljön.*”

Vidare så fastställer 9 b § att:

²⁴ Förordning (EG) nr 1907/2006 om registrering, utvärdering, godkännande och begränsning av kemikalier (Reach) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1907-20221217&from=EN>

”Den som för första gången släpper ut ett ämne eller föremål som har upphört att vara avfall på marknaden ska se till att ämnet eller föremålet uppfyller tillämpliga krav i lag och annan författning.”

I likhet med kriterierna för biprodukter så måste alla kriterierna 1-4 vara uppfyllda för att avfallet ska kunna upphöra att vara avfall. I punkt 3 ovan bestäms att tillämpliga krav i lag och annan författning ska vara uppfyllda för att avfallet ska kunna upphöra att vara avfall. Utöver att detta innebär att ett material som upphör att vara avfall måste uppfylla kraven i kemikalielagstiftningen Reach²⁵ så kan också produktspecifika krav för det tilltänka ändamålet behöva uppfyllas. Inom ramen för denna rapport är produktspecifika krav för gödselmedel därför av särskilt intresse.

1.5.3 Förordning om EU-gödselprodukter

Förordning (EU) 2019/1009²⁶ om EU-gödselprodukter tillämpas från och med den 16 juli 2022. Därmed omfattas EU-gödselprodukter av bestämmelser om marknadskontroll. I förordningens finns det möjlighet för Kommissionen att genom delegerade akter införa material i komponentmaterialkategorierna som upphör att vara avfall till följd av ett återvinningsförfarande. I frånvaro av dessa akter så får en EU- gödselprodukt endast bestå av komponentmaterial som uppfyller kraven i en eller flera komponentmaterialkategorier i bilaga II till förordningen. I den första komponentmaterialkategorien ”RÅVARUÄMNEN OCH RÅVARUBLANDNINGAR” anges det i punkten 1 att;

”En EU-gödselprodukt får innehålla ämnen och blandningar, med undantag av

- a) avfall i den mening som avses i direktiv 2008/98/EG,*
- b) ämnen eller blandningar som har upphört att vara avfall i en eller flera medlemsstater genom nationella åtgärder för införlivande av artikel 6 i direktiv 2008/98/EG,*
- c) ämnen som bildas från prekursorer som har upphört att vara avfall i en eller flera medlemsstater genom nationella åtgärder för införlivande av artikel 6 i direktiv 2008/98/EG, eller blandningar som innehåller sådana ämnen*
- d) biprodukter i den mening som avses i direktiv 2008/98/EG,*
- e) animaliska biprodukter eller därav framställda produkter i den mening som avses i förordning (EG) nr 1069/2009,*
- f) polymerer,*

²⁵ Alla former av återvinning, inklusive mekanisk bearbetning, som en tillverkningsprocess när helst, efter ett eller flera återvinningssteg, de leder till bildning av ett eller flera ämnen som sådana eller i en blandning eller i en vara som har upphört att vara avfall.

²⁶ Förordning (EU) 2019/1009 om fastställande av bestämmelser om tillhandahållande på marknaden av EU-gödselprodukter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:02019R1009-20221003&from=SV>

- g) kompost, eller*
- h) rötresten”*

En EU-gödselprodukt får därmed inte innehålla vare sig avfall, ämnen som återvunnits från avfall eller biprodukter om inte detta specificeras i en delegerad akt. EU:s gödselmedelförordning omfattar bestämmelser för gödselprodukter som CE-märks och som därefter kan tillhandahållas på EU:s inre marknad utan att detta kan förhindras av en medlemsstat. Kraven gäller alltså endast den typen av produkter och det är inte ett krav att alla gödselmedel måste uppfylla kraven i förordningen för att få säljas på till exempel den svenska marknaden.

1.5.4 Nationella krav på gödselprodukter

Ett flertal olika organiska gödselmedel används inom jordbruket för spridning på åkermark. Den nationella reglering som gäller idag fokuserar i regel endast på tillåten tillförsel av näringsämnen. Det saknas författningsreglerade gränsvärden och andra krav beträffande innehållet av oönskade ämnen med undantag av gränsvärden för halter av kadmium i mineralgödsel (100g per ton fosfor) som återfinns i förordning 1998:944²⁷. Det gäller bland annat stallgödsel, biogödsel, kompost, organiska restprodukter från industrin samt fosforprodukter som återvunnits ur avloppsslam. Det finns inte heller regler för hygieniserande behandling av organiska gödselmedel, utom för vissa animaliska biprodukter. Företag som tillverkar, importerar eller sätter ut gödselmedel på den svenska marknaden måste rapportera kadmiumhalterna till Kemikalieinspektionens produktregister enligt kemikalieinspektionens föreskrifter²⁸.

Avloppsslam för jordbruksändamål får saluhållas och överlåtas endast om metallhalten inte överstiger gränsvärdena i SFS 1998:944, 20§. Vidare finns det i Naturvårdsverkets föreskrift SNFS 1994:2 krav på provtagning och redovisning av innehåll i slammet samt krav vid användning inklusive gränsvärden för tillförsel av tungmetaller till marken och gränsvärden för innehåll av tungmetaller i mark när spridning är tillåten.

1.5.5 Tillämpning av regelverken

Som beskrivits ovan så saknas i stor utsträckning nationella regelverk beträffande näringsämnen för gödseländamål och det finns inte heller nationella EoW kriterier för när avfall upphör att vara avfall för aktuella avfallsfraktioner. För att underlätta bedömningar så har Naturvårdsverket publicerat vägledningen ”När avfall upphör

²⁷ Förordning (1998:944) om förbud m.m. i vissa fall i samband med hantering, införsel och utförsel av kemiska produkter

²⁸ Kemikalieinspektionens föreskrifter (KIFS 2017:7) om kemiska produkter och biotekniska organismer, 14§

att vara avfall”²⁹. I vägledningen beskrivs det att verksamhetsutövaren ska göra en bedömning om avfall upphört att vara avfall enligt de generella kriterier som finns i 15 kap. 9 a § miljöbalken. Verksamhetsutövaren meddelar därefter sin tillsynsmyndighet som inte utfärdar något beslut men som inom ramen för tillsynen granskar verksamhetsutövarens bedömning.

²⁹ <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/avfall/bedomning-av-nar-avfall-upphor-att-vara-avfall/>

2 Kartläggningens metod

Ramboll har arbetat med kartläggningen i två huvudsteg, där den första datainsamlingsfasen var mer explorativ, innehöll olika källor och arbetsmöten och mynnade ut i en bruttolista över initiativ. Efter denna fas presenterade Ramboll denna delrapport för Jordbruksverket (den 15 december 2022). Den andra datainsamlingsfasen under januari och februari 2023 innehöll fördjupande dokumentstudier och intervjuer med utvalda initiativ för att kunna besvara mer detaljerade frågor om initiativen och deras potential.

2.1 Explorativ datainsamling

I den första fasen har Ramboll genomfört ett uppstartsmöte med Jordbruksverket och deltagit på två möten med Jordbruksverkets egen referensgrupp som framför allt representerar olika initiativ inom nationell gödselmedelsproduktion och nationella branschorganisationer som bland annat företräder olika delar av lantbruket.

I den andra fasen har Ramboll även genomfört workshops med en egen referensgrupp som bestod av företag som har initiativ inom gödselmedelsproduktion samt SLU och IKEM. Under dessa arbetsmöten gick gruppen igenom följande frågeställningar:

- Vilka delområden (resursflöden) finns med förutsättningar för inhemsk produktion?
- Vilka näringsämnen är det som kan framställas direkt eller genom flera steg och där produktionen kan skalas upp? Fokus på kväve, fosfor, kalium, mikronäringsämnen (främst bor, mangan) samt svavel.
- Hur ser konkurrensen ut på området, dvs är det ett fåtal eller många initiativ som är kända?
- Vem är det som är kund till initiativets produktion?
- Vilka hinder, utmaningar och begränsande faktorer kan finnas, såsom efterfrågan, tillgång på insatsvaror inklusive energi, användbarhet, lönsamhet, styrmedel, föroreningar och behov av avgiftning?
- Inom vilken tidsram skulle produkter kunna finnas på marknaden?

När det gäller vissa av resursflödena blir energi en insatsvara som kan vara begränsad. Att initiativ uppstår har även att göra med påverkan från behov av ökad beredskap eller från grön omställning och EU-statsstödet, vilket kan ha betydelse när potentialen eller olika begränsningar ska bedömas.

Genom workshopen, sonderande expertintervjuer, skrivbordsstudier av rapporter och insamling av företagsstatistik har Ramboll därefter skapat en bruttolista över initiativ, med grundläggande information om deras förutsättningar, potential och användbarhet.

2.2 Fördjupad datainsamling

Ett urval av de initiativ som i nästa fas utreds mer fördjupat gjordes i samråd med Jordbruksverket. För att göra detta urval användes bruttolistans information om potential, tidshorisont och användbarhet för den svenska marknaden, för initiativ som återfunnits inom olika resursflöden. De initiativ som valdes ut för fördjupad utredning skulle även ge viss spridning mellan områdena, även om potential var den mest styrande faktorn för fördjupning. Resultatet blev att sex initiativ djupstuderades inom lika många resursflöden.

I denna tredje fas togs en intervjuguide fram för att täcka följande områden:

1. **Potentiell produktion.** För varje tänkbart initiativ en beskrivning av hur mycket som kan produceras och till vilken kvalitet (växttillgänglighet, hanterbarhet för spridning, lagring och transport och föroreningar). Beskrivning av produktkategori, målgrupp för konsumtionen och användningsområden för producerad vara – konkurrens med annan användning som ej gödselmedel.
2. **Tidsperspektiv på produktionen och potential till ökad produktion.** Beskrivning av när produktionen kan starta upp och när volymerna kan finnas på marknaden. Om uppskalning planeras i flera tidssteg ska dessa beskrivas.
3. **Produktionsmetod och råvaror.** Beskrivning av planerade eller använda tekniker för framställning av råvara och färdiga gödselmedel. Beskrivning av eventuella begränsningar eller risker i tillgång på råvaran, även i form av avfall och restprodukter. Beskrivning av råvaru- och energiförsörjning i tillverkningen av gödselmedlen. Robusthet i produktionen (insatsvaror, handelsvägar osv.) Hinder för att förverkliga potentialen i initiativet (till exempel kan ekologisk produktion ställa vissa krav som behöver uppfyllas).
4. **Ekonomi och lönsamhet.** Förutsättningar för lönsamhet i gödselmedelsproduktionen och att kunna erbjuda en prismässigt konkurrenskraftig produkt. Kan de svenska lantbrukarna betala för detta? Vilka marknadsmisslyckanden finns (till exempel EU-lagstiftning)?
5. **Miljöpåverkan.** Utvärdering av produktionsmetod och råvaruutvinningen avseende negativ miljöpåverkan och risk för föroreningar.
6. Jämförelse av de olika initiativens potential, fördelar och nackdelar.

Djupintervjuer har genomförts med ansvariga för de sex utvalda initiativen, se kapitel 4. Syftet med intervjuerna var att bättre förstå initiativens potential, tidsperspektiv, eventuella hinder med mera. Flera av utredningens frågeställningar

är delvis hypotetiska (när saker potentiellt kan ske osv), vilket gör att vi behövt komplettera rena dokumentstudier med kvalitativa argument från dem som ansvarar för, och driver initiativen. Djupintervjuerna har framför allt kunnat bidra till svar på frågeställningarna 1–5 ovan.

I den tredje fasen har Ramboll också studerat dokument och underlag kopplat till de utvalda initiativen, såsom beskrivningar på webbsidor, ansökningar och återrapportering av projekt, publikationer med mera. Som en del av att förstå vilka framtida möjligheter som finns för inhemsk gödselproduktion har Ramboll också studerat gällande regelverk på området (till exempel återanvändandet av avfall), som både kan hindra och möjliggöra en utökad produktion i Sverige. Dokumentstudierna kompletterar svaren på frågeställningarna 1–5 ovan.

Slutligen sammanställde och analyserade Ramboll all insamlad data, i syfte att tydligt svara på utredningens frågeställningar 1–5 per initiativ/möjlighet. Vi tog upp vad som framkommit om initiativens potential, samt deras fördelar och nackdelar.

I den fjärde och sista fasen sammanfattade Ramboll slutsatserna i denna rapport.

3 Resursflöden och initiativ

Ramboll har kartlagt gödselmedelsindustrin med hjälp av företagsstatistik för att få en första bild av nuläget (avsnitt 3.1). Ramboll har vidare undersökt initiativ inom nio delområden (resursflöden) där det kan finnas potential för inhemsk framställning av gödselmedel. Dessa beskrivs översiktligt i avsnitt 3.2 med avseende på delområdets förutsättningar. Inom varje resursflöde finns ett antal initiativ som skulle kunna ha större potential och skalbarhet och dessa beskrivs kortfattat inom respektive flöde. En bruttotabell över initiativen finns i slutet av avsnittet.

3.1 Företagsanalys

För att skapa en bättre förståelse för dagsläget och potential framåt avseende gödselmedelsindustrin har en företagsanalys genomförts. Information om aktiva bolag inom SNI-kod 20 150, *Tillverkning av gödselmedel och kväveprodukter* har tagits fram via tjänsten Retriever. Denna SNI-kod kan även innehålla företag som formulerar gödselmedel från insatsvaror som redan har framställts.

Av företagsanalysen framgår att även om det inte finns någon större produktion av mineralgödsel i Sverige så finns det några verksamheter som producerar andra former av gödselliknande produkter. Många av företagen är producenter av jord, naturgödsel eller torv. Det är därtill flera företag som arbetar med att producera och återvinna schaktmassor, betong och asfalt. En tredje kategori av företag är producenter av exempelvis kemikalieprodukter för städ, bilvård mm.

Några företag som Ramboll analyserar i denna rapport finns med i SNI-kod 20 150. Bland dem kan nämnas Gyllebo Gödning och Ekobalans, med mindre omsättningar. Cinis Fertilizer finns med men med omsättning 0 (ej startat). Ekoväx finns med inom SNI-koden för partihandel med kemiska produkter.

Under år 2021 var volymerna gödselprodukter som registrerats i Produktregistret för försäljning i Sverige ungefär 1 626 546 ton (Kemikalieinspektionen, produktregistret). De näringsämnen som idag finns på marknaden, utöver näringsämnen från avlopp, är framför allt djurgödsel, biogödsel (rötrest från matavfall och andra biobaserade avfall) samt mineralgödsel (Baresel, 2022). Yara är den största producenten av den mineralgödsel som idag säljs på den svenska marknaden.

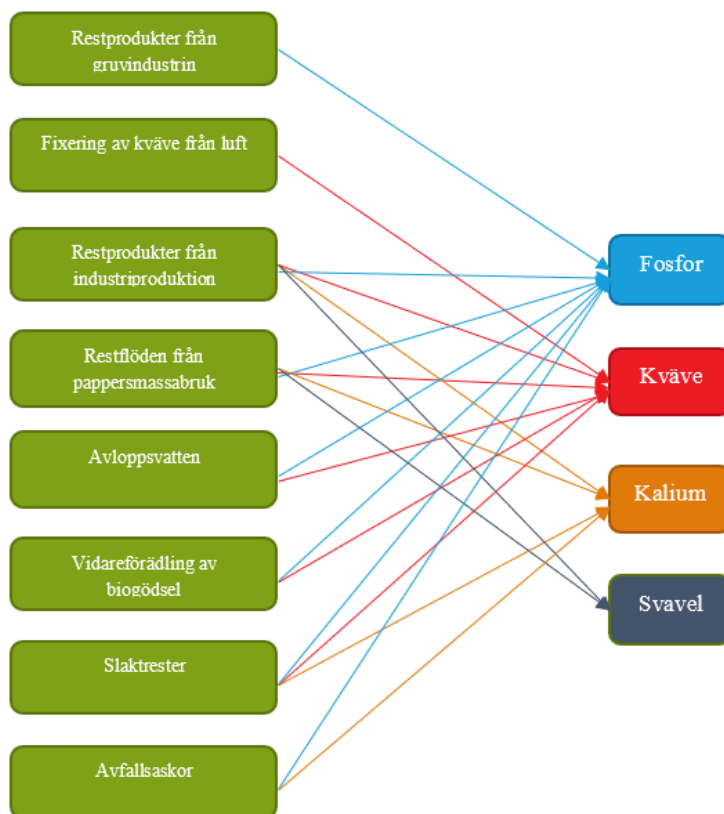
För mer information om verksamheterna som idag klassas som tillverkare av gödselmedel och kväveprodukter i SNI 20 150, se Annex 1.

3.2 Beskrivning av resursflöden och initiativ inom dessa

I detta avsnitt beskriver vi översiktligt de delområden (resursflöden) där vi identifierat att det kan finnas potential för inhemsk framställning av gödselmedel. Beskrivningen utgår från resursflödets potential och tekniska förutsättningar.

Vidare anges under varje resursflöde en kortfattad information om de initiativ som har identifierats. Vi gör en generell bedömning av hur stor potentialen kan vara i framtiden inom initiativen. En djupare beskrivning av utvalda initiativ, baserat på vår bedömning av potential inom en tioårsperiod, finns i kapitel 4.

Figur 4 nedan visar de huvudsakliga resursflöden som undersökts, där Ramboll har funnit potential att utvinna näringsämnen för gödselmedelsproduktion.



Figur 4. Översikt över resursflöden och vilka näringsämnen de potentiellt kan ge

3.2.1 Restprodukter gruvindustri

Inom gruvindustrin finns förutsättningar att framställa fosforsyra ur apatit, ett fosfatmineral som förekommer i järnmalm. Fosfor finns bara där man har apatit. När järnmalmen bryts och förädlas hamnar apatiten i den anrikningssand som bildas genom avskiljningen av det som inte är malm. Anrikningssanden kan ha formen av slurry (en blandning av anrikningssand och gruvvatten) som pumpas ut i gruvdammar, eller utgöra en torr deponi. Flotation är den centrala processen där man tillsätter en samlarreagens som attraheras till ytan på apatitkornen där den fäster sig. Reagensen gör att apatitkornen fastnar på de luftbubblor som introduceras i flotationscellen. Apatiten följer sedan med luftbubblorna till ytan, där det bildas ett skum som man tar hand om och torkar.

De totala volymerna av apatit i malmförekomster är stora även om halterna är låga. Gruvorna i MalMBERGET och i Kiruna innehåller drygt 2 300 miljoner ton fosformineral, men utgör 0,6 procent respektive 0,25 procent av mineraltillgångarna. Så länge järnmalmsproduktion bedrivs finns möjlighet att utvinna apatit ur rester som slagghögar och gruvdammar eller genom ny brytning. Andra gruvor i Sverige har möjlighet att utvinna svavel men det sker inte idag.

Initiativ: LKAB (fosfor)

LKAB har planer på att utvinna apatit inom initiativet ReeMAP³⁰, men som ännu inte har startat. Tekniken består i att utnyttja det avfall som finns i gruvbrytningen i Kiruna och MalMBERGET, 6 miljoner ton anrikningssand. Apatiten ska transporteras i avskild koncentrerad form till Luleå där en fabrik som de planerar att börja bygga år 2024 ska skilja ut fosfor och tillverka fosforsyra. I ett andra steg kan det bli fråga om att tillverka granulater som kan säljas till mineralgödseltillverkare eller användas direkt av lantbruket. Initiativet är inte kommersialiserat än men siktet är inställt på år 2027, men tidshorizonten kommer påverkas av miljötillståndsprocessen. Volymen ur anläggningen blir till att börja med minst 100 000 ton fosforsyra per år, vilket räcker till att framställa 400 000 ton gödselmedel. Råvaror som krävs utöver apatiten är saltsyra, svavelsyra, ånga, elkraft och hjälpkemikalier. Utöver anrikningssanden förfogar LKAB över ytterligare flera miljoner ton i gruvdammar sedan 40-talet och en ny mycket stor apatitfyndighet ska analyseras, med utmaningen att miljötillstånd kan dröja.

3.2.2 Fixering av kväve från luft

Vätgas kan användas för att tillverka ammoniak. Ammoniak kan användas för gödselmedelsframställning. Vätgas används vid framställning av ammoniak genom den så kallade Haber-Bosch processen där vätgas och kväve syntetiseras. Kvävet till ammoniak hämtas från luften. Processen är likadan oavsett hur vätgasen

³⁰ <https://ree-map.com/about-reemap/>

framställs. Den vätgas som idag används är främst tillverkad av naturgas och klassificeras då som grå vätgas. Vätgas som produceras med naturgas men där produktionen kompletteras med CCS (carbon capture and storage) klassificeras som blå vätgas.

Vätgas kan också produceras genom elektrolys där vatten spjälkas med hjälp av elektricitet. Vid elektrolys skapas också restprodukter i form av syre och värme. Endast en mycket liten andel av dagens globala vätgasproduktion sker genom elektrolys (<0,5 %). Är elektriciteten som används förnybar får man det som klassificeras som grön vätgas.

Vätgasproduktionen i Sverige uppgår idag till omkring 170 000 ton/år där endast en mycket liten andel tillverkas genom elektrolys. Det vanligaste användningsområdet för vätgas idag är inom tillverkning av metanol, ammoniak och andra kemikalier samt inom raffinaderier och en del metallurgiska processer där ammoniak senare kan används för framställning av konstgödsel. Ammoniak används idag dock också för att bland annat framställa salpetersyra, plast och målarfärg och nya användningsområden utforskas. Det gäller exempelvis ammoniak som bränsle inom sjöfarten och ammoniak som energibärare, det vill säga att ammoniak produceras av grön vätgas endast för att transportera vätgasen i en annan form, för att sedan omvandla ammoniaken tillbaka till vätgas för att använda som bränsle.

Det finns däremot ett stort intresse för grön vätgas från flera utsläppstunga sektorer och industrier i Sverige. Utbyggnaden av vätgasproduktion och infrastruktur för distribution pågår i Sverige och utvecklingen sker på många områden samtidigt. Att ställa om industrin ställer samtidigt nya krav på tillgång till förnybar el. För produktion av grön vätgas krävs omkring 50–55 kWh per kg vätgas. Baserat på EU kommissionens senaste förslag kring villkor för att vätgas ska klassas som förnyelsebar³¹ så framstår Sverige vara en av Europas bästa platser för produktion av grön vätgas och grön ammoniak, främst på grund av tillgången på förnybar el som i relation till övriga Europa kostar mindre, och ett, till stora delar, fossilfritt elnät. Dessa faktorer är en förutsättning för att säkra genomförbarheten av storskaliga produktionsanläggningar.

Det kommer idag också ny teknik som fångar kväve från luft genom exempelvis kemiska processer.

Initiativ: Group Fertiberia (kväve)

Initiativet Green Wolverine bygger på Fertiberias teknik för att minska koldioxidutsläpp vid ammoniak tillverkning som har utvecklats i Spanien, samt på förutsättningarna i Norrbotten, där 100% av elproduktionen redan kommer från

³¹ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_23_594

förnyelsebara energikällor. Genom projektet Green Wolverine planeras en ny anläggning i Boden med 700 MW elektrolysörer³² för produktion av vätgas, och en anläggning i Luleå för produktion av grön ammoniak som producerar 1500 ton/dag utan koldioxidavtryck till en årsvolym av ca 0,5 miljoner ton ammoniak. Slutprodukten är gödselmedel som är färdiga att använda (volym 1,2 miljon ton/år), dels i form av ett gödselmedel som endast är baserat på ammoniak, dels i form av sammansatta gödselmedel (NPK). Lantmännen är partners i projektet och Fertiberia arbetar med dem för att definiera vilka produkter som passar för lantbrukets behov. Elektrolysanläggningen kommer endast att använda vatten och luft som insatsvaror och försörjas med förnybar el, huvudsakligen från vindkraft och vattenkraft. Tidshorisonten för produktion är 2027–2028.

Initiativ: NitroCapt (kväve)

NitroCapt har ambitionen att producera klimatneutralt kvävegödselmedel, i detta fall genom en kemisk process som samtidigt maximerar produktionstiden och minimerar energikonsumtionen i reaktionen. Tekniken kallas direktoxidation och är en äldre metod för att få luftens kvävgas och syrgas att reagera och bilda kväveoxider för att få fram salpetersyra som kan vidareförädlas till konstgödsel. Processen sägs idag kunna konkurrera med Haber-Bosch-metoden och fixerar kväve från luft i ett enda steg vilket kan minska energiförbrukning och kostnaden. NitroCapt kan dessutom använda förnybar intermittent el från sol- och vindkraft, också off-grid d v s utan elnät, vilket skulle möjliggöra småskalig produktion på många platser, nära användare. Företaget kommer i första hand att licensiera ut sin teknologi till företag som blir tillverkare. Tidshorisonten är 2023–2025 för planerade anläggningar. Den första anläggningen 2023 ska täcka behovet av kväve till 1 000 ha, ca 110 ton³³ N/år (Tyskland) och den andra 2024 täcker kväve till 40 000 ha, ca 4 400 ton N/år.

Initiativ: Sekretessbelagt initiativ (kväve)

Detta initiativ handlar om kväve från vätgastillverkning, det är ett sekretessbelagt initiativ men mer information förväntas komma i januari/februari 2023. Planer finns på en produktionsanläggning för fossilfri kvävegödsel i Norrbotten som ska kunna producera omkring 31 000 ton vätgas per år, som konverteras till 150 000 ton ammoniak vilket i sin tur blir olika typer av kvävegödsel. Potentialen är 150 000 ton ammoniak/år (460 000 ton gödselmedel) och tidshorisonten är 2027³⁴.

³² Elektrolysörer spjälkar vattenmolekyler i syre- och väteatomer genom tillförsel av elektricitet, med främst två tekniker, Alkaline (mogen) och PEM (nyare). Flera tillverkare i Sverige, som bland annat försöker sänka kostnader för dyra och ädla katalysatormaterial: [Smoltek vill göra effektivare elektrolysörer för fossilfri vätgasproduktion | ENERGINyheter.se](#)

³³ Med antagandet att det åtgår i medel ca 110 kg N/ha, enligt Jordbruksverkets kunskapsunderlag

³⁴ [Planer på fossilfri kvävegödsel i Norrbotten - \(affarerinorr.se\)](#)

3.2.3 Restprodukter från industriproduktion

Från industriella processer såsom ståltillverkning och bilbatteritillverkning kan gödselmedel skapas som en restprodukt. Inom stålproduktion är ammoniumsulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ en restprodukt som bildas vid processer för ståltillverkning. Det uppstår när svavelsyra mättas med ammoniak varefter ammoniumsulfaten faller ut som kristallin form. Direkt användning i lantbruket anses vara något mindre effektiv än ammoniumnitrat men mer effektiv än urea (se avsnitt 1.4).

Ammoniumsulfaten har därför främsta användningsområde inom gödselmedelstillverkning. Det bör noteras att tillgången på restprodukt kommer att minska i och med stålindustrins omställning till fossilfri tillverkning.

Den nya elbilbatteritillverkningen i Sverige (Northvolt) ger en restprodukt i form av natriumsulfat från tillverkningen av elektroder. Tillsammans med kaliumklorid kan denna processas till kaliumsulfat och natriumklorid.

Ytterligare ett industriellt flöde är sprängämnestillverkning som idag finns vid en fabrik i Köping som drivs av Yara. Denna anläggning skulle av beredskapsskäl ha möjlighet att ställas om till gödselmedelstillverkning. Kvävet som används i fabriken idag kommer ifrån importerad ammoniak. Yara menar att tanken är långsökt men inte utesluten och uppger inte något om volymer, tidsperspektiv eller omställningskostnader.

Initiativ: Cinis Fertilizer (kalium, svavel)

Cinis Fertilizer planerar att återvinna och uppgradera industriavfall från elfordonsbatteritillverkning till slutprodukten kaliumsulfat. En första anläggning placeras i Skellefteå där det finns ett avtal om samarbete med Northvolt. Processen är skalbar så till vida att om det finns närhet till en producent av insatsvaror så kan proportionellt många produktionslinor upprättas. Företaget ska använda beprövad teknik med utvecklade patent och med Mannheimprocessen³⁵ i grunden för framställning av natriumsulfat. Vissa av patenten rör hanteringen av insatsvaror kopplade till batterier - hur avfallsprodukter ska ge rätt mineral.

Natriumsulfaten blandas med importerad kaliumklorid till slutprodukten kaliumsulfat eller SOP (Sulphate of Potash). Det är ett vattenlösligt konstgödselmedel som lämpar sig för högavkastande grödor. 200 000 ton kaliumsulfat kan framställas per år med den första anläggningen vid Northvolt och om fler liknande installationer görs kan de producera 2–300 000 ton vardera /år. För sammanlagd produktion i pappersmassa- och batteritillverknings-flödena anges 900 000 ton/år 2028. Både insatsvaran kaliumklorid och slutprodukten kaliumsulfat är vanligt förekommande i kaliumgödselmedel. Företagsekonomiskt verkar upplägget dock gynna både batterifabriken och gödselmedelsproducenten och ur ett

³⁵ Mannheimprocessen är en industriell process för framställning av väteklorid och natriumsulfat från svavelsyra och natriumklorid. Mannheims-ugnen används också för att producera kaliumsulfat från kaliumklorid

resursperspektiv tas restflöden från bilbatteritillverkningen tillvara i processen, även om det behövs tillsatser för att skapa en gödselprodukt.

Initiativ: Biototal (kväve, fosfor)

Biototal hanterar ammonium från ståltillverkning i kristallin form (ammoniumsulfat), ett kväve- och svavelrikt salt som löser sig lätt i vatten och kan användas som gödselmedel på åkermark. Ammoniumsulfat framställs ur koksugns gas. Ammoniak som finns i gasen absorberas i svavelsyra varvid ammoniumsulfat bildas. Denna del av Biototals verksamhet är kommersialiserad idag och ger ca 420 ton N/år och 280 ton S/år. Tillgången på restprodukten från stålindustri kommer att minska i och med omställning till fossilfri tillverkning.

Initiativ: INITIATE (kväve)

Initiate är ett forskningsprojekt som pågår 2020–2025 med tanken att kunna producera urea från ammoniak och koldioxid som är överskottsgaser från stålindustrin. Industriell produktion till år 2030 med en kapacitet på 66 000 ton urea/år och stålverk. Potential i Sverige kan anses vara noll eftersom insatsvaran är gas från masugnar vilket inte kommer finnas kvar i Sverige efter stålindustrins omställning. Tekniken är mer inriktad på utländsk marknad.

3.2.4 Restflöden från pappersmassabruk

Fiberslam och bioslam är restprodukter som bildas vid pappersmassabruk. Fiberslam bildas i försedimenteringen under vattenreningen och består till stor del av träfiber och kaolin. Vanligen förbränns fiberslam eller komposteras för att bilda jordförbättringsmedel då det inte är tillåtet enligt lag att deponera organiskt material i Sverige. Innan fiberslam förbränns måste det avvattnas på grund av det höga vatteninnehållet. Bioslam uppkommer i eftersedimenteringen av reningen och består av celler, aska, biologiskt nedbrytbara föreningar och organiska föreningar samt en stor mängd vatten. Slam från pappersmassabruk är en potentiell källa till näringsämnen i produktionen av gödselmedel. Bioslam har ett högre näringsinnehåll jämfört med fiberslam och kan därför argumenteras vara en mer lämplig resurs för gödselmedeltillverkning (Olausson Törmä, 2020). Resursflödets totala potential utgörs av fiber- och bioslam från Sveriges pappersmassabruk. Enligt en rapport från 2015 fanns år 2014 ca 50 pappers- och massabruk i landet. Uppkommen mängd avvattnat slam från dessa bruk under året bedömdes vara ca 265 000 ton fiberslam (35% TS) och 165 000 ton bioslam (20% TS) (Energiforsk, 2015). Enligt statistik från Skogsindustrierna har produktionen av massa och papper varit relativt konstant mellan 2014 och 2021³⁶.

Initiativ: C-green (fosfor, kväve)

C-green använder sig av OxyPower HTC tekniken som omvandlar blött bioavfall till hydrokol. Från hydrokolet möjliggörs återvinning av fosfor och kväve. Processen bygger på hydrotermisk karbonisering (HTC) och våtoxidering. Det

³⁶ <https://www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/branschstatistik/produktion-och-konsumtion/>

innebär i princip att kopiera naturens sätt att bryta ner komplexa organiska föreningar till kol, men på snabb tid och utan omfattande externt energibehov. Insatsmaterialet i processen kan vara t.ex. avloppsslam, slam från skogsindustrin eller rötresten från matavfall mm. I Finland har bolaget ett utvecklingsprojekt med Stora Enso där bioslam från pappersmassabruk omvandlas till hydrokol. Fiberslam sorteras bort och blir till jordförbättringsmedel. Produktionen från den anläggningen är knappt 3000 ton TS hydrokol per år, som består till knappt hälften av kol samt ca 100 ton kväve, 50 ton fosfor och 3 ton kalium. Standardkapaciteten i planerade anläggningar är 5000 ton TS slam in per år, varav 70–80 procent av torrsubstansen blir hydrokol, men det finns inga principiella hinder att bygga med större kapacitet. Ur hydrokolet är det möjligt att återvinna fosfor och kväve.

Initiativ: Cinis Fertilizer (kalium, svavel)

Cinis Fertilizer planerar att återvinna och uppgradera industriavfall från pappersmassaindustrin till slutprodukten vattenlösligt kaliumsulfat. En första anläggning placeras i Örnsköldsvik. Processen är skalbar så till vida att om det finns närhet till en producent av insatsvaror så kan proportionellt många produktionslinor upprättas. Företaget ska använda beprövad teknik med utvecklade patent och med Mannheimprocessen³⁷ i grunden. Vissa av patenten rör hanteringen av insatsvaror kopplade till skogsvaror - hur restprodukter (aska) från massatillverkare som tidigare har deponerats ska hanteras. Slutprodukten är ett färdigt gödselmedel, kaliumsulfat eller SOP (Sulphate of Potash). Det är ett vattenlösligt mineralgödselmedel som lämpar sig för högavkastande grödor. 100 000 ton kaliumsulfat kan framställas 2024 med anläggningen i Örnsköldsvik. Ytterligare anläggningar vid pappersmassabruk skulle kunna ge ca 300 000 ton/år per anläggning.

3.2.5 Avloppsvatten

Avloppsvattnet är ett av de mest näringsrika urbana avfallsflödena och innehåller kväve, fosfor och kalium samt även svavel. Näringen i avloppsvatten kan främst återbrukas antingen genom att det slam som uppstår vid reningen sprids på åkermark efter lämplig hantering eller genom att näringsämnena via olika fysikalisk-kemiska processer utvinns ur främst högkoncentrerade strömmar (Barasel, 2022). De kommunala reningsverkens totala produktion av avloppsslam år 2020 uppskattas till drygt 208 000 ton TS (torrsubstans). Mängden slam har varit relativt oföränderlig sedan år 2000 och varierat mellan ca 200 000–240 000 ton TS per år (SCB, 2022). I inkommande avlopp till kommunala reningsverk (med över 2 000 personekvivalenter) finns drygt 40 000 ton kväve och drygt 5 000 ton fosfor varje år (SCB, 2022). Det vanligaste användningsområdet för slammet var år 2020 direkt spridning på åkermark (46%), följt av anläggningsjord (23%) och täckning

³⁷ Mannheimprocessen är en industriell process för framställning av väteklorid och natriumsulfat från svavelsyra och natriumklorid. Mannheims-ugnen används också för att producera kaliumsulfat från kaliumklorid

av deponier för att etablera ett växtskikt (16%). Förbränning, utan utvinning av fosfor, sker på 2 procent av slammet. Resterande del av slammet läggs främst på lager (5%) (SCB, 2022).

Återvinning av näringsämnen från avlopp i Sverige sker i dag nästan uteslutande genom direkt spridning av avloppsslam på åkermark (SVU, 2022). Mängden avloppsslam som spreds på åkermark uppgick år 2020 till ca 96 000 ton TS³⁸ och användningen har ungefär fördubblats sedan 2012 då siffran var 48 000 ton TS slam. Avloppsslammets genomsnittliga näringsinnehåll var ca 4,6 procent kväve och 2,7 procent fosfor (SCB, 2022), vilket innebär att ungefär 4 400 ton kväve och 2 600 ton fosfor återfördes till åkermark från avloppsvatten år 2020. Genom slamspridning utnyttjas därmed ungefär hälften av fosforinnehållet och en tiondel av kvävet i inkommande avloppsvatten (Barasel, 2022). Större delen av kvävet i slammet är organiskt bundet och därmed inte direkt tillgängligt för upptag av växter, såsom näringen i mineralgödsel.

Vid avvattning av rötat slam erhålls också ett rejektvatten. Kvävemängden i rejektvattnet är ungefär lika stor som i själva slammet och dessutom direkt växttillgängligt. De högre kvävekoncentrationerna i rejektvattnet ger bättre förutsättningar för kväveåtervinning än ur inkommande avloppsvatten. Kvävet i rejektvattnet kan återvinnas till gödselprodukter med olika kemisk-fysikaliska metoder. Ammoniumstripping³⁹ är den vanligaste metoden (SVU, 2022).

Till skillnad från kväve hamnar i princip all fosfor som når avloppsreningsverken i det avvattnade slammet (Barasel, 2022). Därmed finns en stor potential för återvinning av fosfor med olika tekniker (RISE, 2019; IVL, 2020).

Avloppsslammet kan också exempelvis genom monoförbränning omvandlas till aska som lämpar sig för fosforutvinning. Ett annat alternativ för återföring av fosfor är genom spridning av biokol efter föregående torkning och pyrolys av avloppsslam. Struvitfällning är en vanlig metod för att utvinna fosfor ur rötslam inom Europa, men passar mindre bra i svenska reningsverk eftersom de använder kemisk fällning för att klara utsläppskraven på fosfor till recipient. Däremot kan metoden användas på källsorterade avloppsfraktioner, se nedan.

Det inkommande avloppsvattnet innehåller cirka 15 000 ton kalium per år. Högst koncentration återfinns i rejektvattnet. En litteraturgenomgång över tillgängliga tekniker för kaliumåtervinning från avloppsvatten visar att utvecklingen

³⁸ Av det slam som spreds var ca 70% Revaq-certifierat, som bl.a ställer högre krav på kadmiuminnehåll per kg fosfor än gällande EU-lagstiftning.

³⁹ Med ammoniumstripping utvinns ammoniumkväve genom att öka vattnets temperatur (upp till 65-80 °C) och pH justeras med stark bas (till omkring pH 10). Då återfinns en majoritet av ammoniumkvävet som ammoniak (NH₃) istället för ammonium (NH₄⁺) och ammoniaken kan avgå som gas ur vätskan. Avgången sker genom spridning i kolonner med mötande luftflöde. Den utgående luften (med ammoniak) skrubbas sedan i stark syra (svavelsyra eller salpetersyra) varpå ammoniaken återgår till en flytande fraktion.

förmodligen ligger en bit fram i tiden, om det ens är motiverat utifrån förutsättningar och alternativ (SVU, 2022). Via spridning av avloppsslam på åkermark återförs idag cirka 1-2 procent, motsvarande 150-300 ton kalium.

Den totala mängden svavel i avloppsvattnet uppgår till cirka 5 000 ton per år, varav 6-21 % hamnar i det avvattnade slammet. Spridning via slam kan ge viss återföring av organiskt bundet svavel. Det är även möjligt att återvinna svavel via bevattning med renat, koncentrerat avloppsvatten. I och med att svavel inte tidigare betraktats som en begränsad resurs är det svårt att hitta studier som fokuserar på återvinning av svavel från kommunalt avloppsvatten (Barasel, 2022).

Dagens återföring från avlopp står för ett par procent av jordbrukets kvävebehov och ca 15 procent av jordbrukets fosforbehov. Sett till dagens mineralgödselsförsäljning skulle en fullständig återvinning av näringsämnen från avloppsvatten från kommunala reningsverk kunna ersätta ca 30–40 procent av fosforimporten och 20 procent av mineralkvävebehovet (Barasel, 2022). Framtida volymer är i hög avhängiga av om reningsverken får ändrat uppdrag där det ställs krav på återvinning, dessutom spelar halten av föroreningar i slammet roll för möjligheten att återvinna. Reningsverken är inte affärsdrivande och det är därför inte en eventuell betalningen för kväve och fosfor som avgör om reningsverken satsar på ökad återvinning eller inte. Vattentjänstlagen gör också att man inte får belasta abonnenten med onödigt höga kostnader.

Initiativ: Easy Mining (fosfor, kväve)

Easy Mining (del av Ragn-Sells) har två verksamhetsområden kopplade till avloppsvatten: Ash2Phos och Aqua2N.

Ash2Phos-processen extraherar fosfor ur askan vid slamförbränning och kan då återföra ca 90 % av mängden fosfor. Det finns flera gånger högre halt av fosfor i avloppsslam än i bergmaterial. Slamförbränning kan vara ett sätt att omhänderta slam som inte uppfyller regelverket för spridning på åkermark. De oönskade organiska ämnena och patogenerna förstörs i förbränningen och metaller i askan sorteras ut i processen. EasyMining kan tillverka gödselmedel eller ha samarbete med tillverkare. De har en anläggning på gång i Helsingborg med en kapacitet på 30 000 ton aska/år vilket ger en potential om 15 000 ton kalciumfosfat per år motsvarande 2 600 ton P. Planerad start av produktion från och med 2025–2026.

Aqua2N innebär framställning av ammoniumsulfat, där kväve fångas upp av en utfällningskemikalie och separeras från avloppsvattnet. Aqua2N kommer att säljas som ett system till reningsverk. Slutprodukten är en lösning som kan säljas direkt till jordbruk. Potentialen är 2 000 ton ammoniumsulfat/år motsvarande 420 ton N/år för en fabrik planerad till 2025, men det är inte känt vilket intresse som finns hos reningsverken i stort.

Initiativ: EkoBalans (kväve, fosfor)

EkoBalans har utvecklat teknik som kan användas för att torka slam till gödselmedel, eller som en integrerad del av det befintliga reningsverket där också rejektivatten från avvattnat slam används för att utvinna näring. Det har inte framkommit någon information om redan initierad eller planerad verksamhet, varför potentialen är okänd i nuläget.

Torkat slam omvandlas genom pyrolys till biokol. Vid pyrolysen uppstår också pyrolysgaser. Pyrolysgaserna är energirika och består av kolmonoxid (CO), vätegas (H₂), metan (CH₄) och tjäror i gasform. Gaser och tjäror kan sedan förbrännas i en gasbrännare och förse både pyrolysen och torken med värme. I processen avskiljs 80% av slammets innehåll av kadmium samtidigt som oönskade organiska ämnen och smittämnen tas bort. Slambiol kan användas som jordförbättring och för tillförsel av fosfor.

De integrerade systemen ser olika ut beroende på om reningsverket har biologisk rening av fosfor eller inte. Om reningsverket använder kemisk rening för att avlägsna fosfor från avloppsvattnet, vilket är det vanliga i Sverige, är det inte aktuellt att utvinna fosfor genom struvitfällning eftersom det inte skulle löna sig. Om återvinning av näringsämnen från avloppsvatten blir ett krav inom EU skulle dock förutsättningarna se annorlunda ut. Därmed omfattar det system som är mest aktuell i närtid teknik med olika steg för att utvinna kväve i form av ammoniumsulfat från rejektivattnet från avvattnat rötslam samt pyrolys av rötslammet till biokol. Av ammoniumsulfat och biokol kan Ekobalans sedan tillverka sammansatta gödselmedel och jordförbättringsprodukter som innehåller kväve, fosfor och svavel.

Företaget har också utvecklat egna återvinningsverk där de tar hand om hela processen för att rena inkommande avloppsvatten, som också inkluderar struvitfällning. Med tekniken i det egna verket ges möjlighet att återvinna över 75 procent av kväveinnehållet. Potentialen för denna teknik ligger dock i framtiden och beror på utvecklingen av lagstiftningen kring reningsverkens uppdrag.

Initiativ: C-green (fosfor, kväve)

C-green använder sig av OxyPower HTC tekniken som omvandlar blött bioavfall till hydrokol. Från hydrokolet möjliggörs återvinning av fosfor och kväve. Processen bygger på hydrotermisk karbonisering (HTC) och våtoxideration. Insatsmaterialet i processen kan vara t.ex. avloppsslam, slam från skogsindustrin eller rötresterna från matavfall mm. En första anläggning för att hantera avloppsslam kommer att placeras utanför Norrköping och vara i drift 2023, ett projekt som görs tillsammans med Ragn-Sells och delfinansieras av Energimyndigheten med cirka 40 miljoner kronor. I anläggningen finns möjlighet att hantera 5000 ton TS slam och producera ca 3500 ton hydrokol per år med ett innehåll av ca 30% kol, 90 ton N, 120 ton P och 27 ton K. I anläggningen kommer också ytterligare kväve att

utvinns genom ammoniumstripping från processat vatten, där cirka 50% av kvävet i det ursprungliga slammet återfinns. På årsbasis handlar det om ca 100 ton extra kväve per år.

Initiativ: DiaPure (fosfor)

DiaPure har utvecklat ett filtermaterial som är designat för fosfor-retention framför allt i avloppsbrunnar och företaget har idag en pilotproduktion på Alnarp. Tekniken har två huvudsakliga syften: det förhindrar fosfor från att förorena havet och bidrar till återföring av fosfor till åker genom filtrering. Den cirkulära modellen innebär att DiaPure erbjuder två produkter: DiaPure filtermaterial som fångar fosfor och varur fosfor utvinns, samt en fosforprodukt – kalciumfosfat – i flytande eller granulerad form kan användas som gödning. Baserat på resultat från pilotprojekt är användbarheten av fosforprodukten hög. Under pilotprojektet har lantbrukare kommunicerat att det viktigaste är att produkten är ren och säker, finns i tillräcklig mängd under den tiden som gödningen ska ut i marken, att den är tillgänglig för växter att ta upp, och att priset inte överstiger konventionell fosfor. Spridningen kan ske på olika sätt, från att berika flytgödsel till spridning via doser (granulat).

DiaPure kan fånga upp till 15g P per kg filtermaterial under gynnsamma förhållanden. Med cyklisk filtrering/regenerering återvinner filtret 2g/kg i varje cykel. Potentialen på årsbasis kan vara för poleringsfilter i anslutning till reningsverk: 500 ton fosfor /år, för våtmarksfilter: 1 – 10 kg fosfor /hektar och år och för enskilda avlopp med minireningsverk (5 personekvivalenter): ca 1,5 kg fosfor /5personequivallenter och år, med tidshorisonten 2025.

Initiativ: Svenskt energibolag (fosfor)

Ett svenskt energibolag (sekretess) som tillsammans med kommuner tittar på möjligheten att bygga en anläggning för monoförbränning av slam med utvinning av fosfor. Monoförbränning innebär att avloppsslammet bränns utan tillsatser av andra bränslen eller substrat. För att monoförbränning ska vara möjlig krävs torkning eller annan förbehandling som ger hög torrsubstans, det måste finnas tillräcklig tillgång på slam att bränna och tillgången till slam måste vara god inom ett rimligt transportavstånd. Den mest fördelaktiga placeringen är därför på orter där det idag redan finns förbränningsanläggningar och som ”bara” behöver kompletteras med en ny panna.

3.2.5.1 Källsorterade avloppsfraktioner

Avvattnat rötslam innehåller bara cirka 15 procent av det kväve som finns i inkommande avloppsvatten (SVU, 2022). För en ökad näringsåterföring från avloppsvatten finns potential genom källsorterande avloppssystem och återvinning från dessa fraktioner (Barasel, 2022). Källsortering kan ske antingen genom separat avledning av klosettatten, eventuellt tillsammans med matavfall, eller urinsortering (SVU, 2022).

Eftersom det mesta av kvävet i avloppsvatten härstammar från urin skattas urinsortering kunna ge 75-80 % kväveåtervinning (Jönsson, 2019). Urin är också den fraktion i avloppsvattnet som innehåller mest kalium (Barasel, 2022). Urin kan samlas i vätskeform i enskilda hus eller i centraliserat system i nya bostadsområden. Urin består till största delen av vatten och det blir därför dyrt att transportera från städer till jordbruksmark. Genom att torka urinen och därmed få en högre koncentration av näring blir transporten samt spridningen smidigare. Klosettvattnet har en lägre kvävehalt än urin men halterna är i samma storleksordning som i rejektivatten (SVU, 2022).

Initiativ: NSVA (fosfor, kväve)

På anläggningen RecoLab i Helsingborg som drivs av Nordvästra Skånes VA, med teknik från företaget EkoBalans, pågår försök för ökad näringsåtervinning från källsorterade avlopps- och avfallsströmmar, där klosettvattnet och kvarnat matavfall går i en separat ledning från gråvatten (bad-, disk-, och tvättvatten). Där finns en anläggning för ca 2000 personekvivalenter för utvinning av fosfor respektive kväve. Klosett- och matavfallsvattnet behandlas i en rötchammare, där biogas produceras. Rötslammet används som ett sätt att återföra näringsämnen till åkermark. Ur den näringsrika lösningen som återstår efter biogasutvinning utvinns fosfor i form av struvit genom struvitfällning. Det kväve som återfinns i rejektivattnet från denna process kan sedan utvinnas till ammoniumsulfat i en ammoniumstripper.

Anläggningen är i drift men upplever fortfarande vissa utmaningar. När allt fungerar ska det gå att framställa ca 31 ton ammoniumsulfat (21% kväve) och ca 5,7 ton struvit (12% fosfor) per år med 2000 anslutna personekvivalenter. Utöver det tillkommer näringsämnen som återfinns i slammen från rötchammare, ca 1,3 ton kväve och 0,4 ton fosfor per år (0,65 kg N resp. 0,2 kg P per person och år)

Initiativ: Sanitation 360 (fosfor, kväve)

Sanitation 360 är ett företag som utvinns kväve från separerat urin i toaletter. Urinet samlas i kassetter som behandlar, stabiliserar och koncentrerar urinet och skapar ett torrt näringsämne. Över 80 % av kvävet kan behållas och allt fosfor och kalium. Näringsämnena kan användas i form av pellets. Potential enligt företaget 9 ton/år med tidshorisont 2024. Det som hämmar potentialen är att vi idag inte separerar urin i någon stor skala.

3.2.6 Rötresten från biogasanläggningar

I en samrötningsanläggning produceras biogas genom att olika organiskt material, dock ej avloppsslam, bryts ner under anaeroba (syrefria) förhållanden. Biogasen, som i huvudsak består av metan och koldioxid, kan användas till att tillverka el och värme eller uppgraderas till fordonsbränsle. Vid rötningen återstår det en rötrest, som när den används som gödsel på åkermark kallas för eller *biogödsel*. Biogödsel

innehåller växtnäring och har traditionellt spridits som flytgödsel på åkermark. Under 2021 producerades drygt 1,7 miljoner ton biogödsel. Av denna användes 99,8 procent som gödsel på jordbruksmark. Biogödseln innehåller såväl makro- som mikronäringsämnen och kol. Det handlar till största del om kväve, men även en del kalium och fosfor. Innehållet av magnesium och kalcium är generellt högre än i mineralgödselmedel, liksom innehållet av mikronäringsämnen som mangan. Näringsammansättningen av kväve, fosfor och kalium i organisk gödsel är sällan optimal ur ett växtodlingsperspektiv, eftersom grödan ofta behöver mer kväve än vad som finns i biogödsel. Vidare innehåller organiska gödselmedel både ammoniumkväve och organiskt bundet kväve. Organiskt bundet kväve frigörs långsamt och tidpunkten för mineraliseringen av kvävet behöver inte stämma överens med grödans behov, vilket ökar risken för kväveläckage (Nilsson, 2018).

Det organiska material som användes som substrat för biogasproduktionen i samrötningsanläggningar bestod år 2020 av matavfall (22%), gödsel⁴⁰ (43%), livsmedelsavfall (10%), slakteriavfall (10%) samt energigrödor och övrigt (14%), och den totala mängden år 2020 uppgick till 1 799 000 ton våtvikt.

Tabell 1: Substrat till biogasproduktion och biogödsel i kton våtvikt, år 2020.

Källa: Energimyndigheten, 2021.

	Samrötningsanläggningar	Gårdsanläggningar
Antal anläggningar	36	54
Biogasproduktion (GWh)	1112	64
Matavfall	398	0
Avloppsslam	0	0
Gödsel	775	428
Livsmedelsindustri	180	7
Slakteri	180	0
Energigrödor	26	0
Övrigt	240	5
Totalt	1799	440

Mängden biogas som produceras vid samrötningsanläggningar har ökat konstant från drygt 150 GWh år 2005 till ca 1 200 GWh år 2021. Och det finns potential att öka produktionen ytterligare vilket också skulle generera mer biogödsel. Mängden stallgödsel som substrat till biogasproduktion utgör cirka 5 procent av årsvolymen stallgödsel på cirka 22 miljoner ton (personlig kommunikation, LRF). När det gäller matavfall från hushåll och kommuner/verksamheter finns potential och pågående projekt hos Naturvårdsverket om hur man ska kunna återföra ytterligare

⁴⁰ Den andel av biogasrötresten som är gödsel har redan tidigare återförts till jordbruket och utgör inte någon ny växtnäring.

näring genom att öka separat insamling och återvinning av detta avfall. År 2020 återvanns cirka 45 % av matavfallet från hushåll, storkök, butiker och restauranger genom biologisk återvinning så att växtnäring togs tillvara. I januari 2021 beslutade regeringen om ett nytt etappmål som innebär att senast 2023 ska minst 75 procent av matavfallet från hushåll, storkök, butiker och restauranger sorteras ut och behandlas biologiskt så att växtnäring och biogas tas tillvara (Avfall Sverige, 2022).

Utöver matavfall finns ytterligare möjligheter att öka produktionen av biogödsel dels genom en ökad utnyttjandegrad av organiskt material, såsom tång och alger, dels genom en trolig ökad volym av energigrödor och livsmedelsavfall i framtiden, från bland annat landbaserade fiskodlingar. Exempelvis är en fiskodlingsetablering under byggnation i Säffle som ska vara klar 2025 och vid full produktion kommer generera ca 13 500 ton fiskslam per år som kan samrötas med t.ex. stallgödsel. Renahavs anläggning i Sotenäs kommun framställer biogödsel av rester från den lokala beredningsindustrin av fisk och skaldjur. De säljer idag sin produkt främst till ett särskilt jordbruksföretag samt till privatpersoner genom självbetjäning på tankstationer.

Initiativ: Purac (Kväve, fosfor, kalium)

Purac AB är ett befintligt företag som tillsammans med Alviksgården Lantbruks AB utanför Luleå färdigställt en anläggning för produktion av biogödselpellets från stallgödsel som startade med full kapacitet under år 2022. Alviksgården har sedan tidigare en egen biogasanläggning som täcker gårdens behov av el och värme. Näringsinnehållet i biogödseln koncentreras genom att först separera rötresten till en torr och en våt fraktion i en skruvpress. Den torra fraktionen leds direkt till torken medan resten koncentreras genom indunstning. De båda fraktionerna går sedan till en bandtork varefter materialet mellanlagras och slutligen hygieniseras och pelleteras.⁴¹

Kapaciteten på anläggningen är 30 000 ton rötrest per år med en TS-halt på cirka 3,5%. Ur det produceras ca 1 800 ton biopellets med sammansättningen NPK 7-1-3 samt magnesium, svavel, kalcium och mikronäringsämnen⁴². Näringsinnehållet i den pelleterade produkten är densamma som i gödseln (grösgödsel). Den pelleterade biogödselprodukten används på gården vilket gör den självförsörjande och därmed oberoende av importerat handelsgödsel. Resten, ca 75%, säljs till andra lantbruk. En fördel som Alviksgården ser med att pelletera biogödseln är att de kan tillföra näring när växterna behöver det och inte för att gödselbrunnen är full. Lagringsutrymmet blir mindre och gödselbrunnen behövs inte längre.

⁴¹ <https://purac.se/referenser/alviksgarden-lulea/>

⁴² <https://www.swedbank.se/foretag/bli-kund/nyhetsbrev/battre-affarer-skog-och-lantbruk--82022/varldsunik-biogodselproduktion-pa-alviksgarden.html>

3.2.6.1 Vidareförädling av biogödsel

Biogödsel består till ca 95 procent vatten vilket ger en onödig kostnad och klimatpåverkan vid transporter och spridning på åkern. Som nämns ovan kan biogödsel avvattnas och torkas för att öka halterna av växtnäringsämnen, och därefter pelleteras för att förbättra produktens användbarhet. Avvattningsrejektet kan dock i sin tur vidareförädlas till rena kväve- och fosforprodukter med liknande metoder som för rejekt från avloppsslam.

Nitratdirektivet reglerar användningen av organiska gödselmedel inom EU. Enligt nitratdirektivet får maximalt 170 kg totalkväve årligen tillföras marken i form av stallgödsel. Det är inte entydigt om produkter från förädlad biogödsel ska klassas som stallgödsel eller som handelsgödsel enligt nitratdirektivet. Om exempelvis ammoniumsulfat klassas som handelsgödsel är effekten att användningen av produkten inte påverkas av regeln om max 170 kg N/ha. Det skulle därmed vara fördelaktigt för utvecklingen av gödselmedel från detta resursflöde om en produkt bedöms beroende på dess egenskaper och kvaliteter och inte dess ursprung (Nilsson, 2018).

Initiativ: EkoBalans (Kväve, fosfor, kalium)

EkoBalans har utvecklat teknik som innebär att rötresten från biogasanläggningar, biogödsel, vidareförädlas till en pelleterad gödselprodukt. Ekobalans teknik går ut på att avvattna och sedan torka rötresten till en fast organisk fraktion. Ur avvattningsrejektet utvinns fosfor (magnesiumammoniumfosfat) genom struvitfällning, medan kväve i form av ammoniumsulfat utvinns genom ammoniumstripping⁴³ på rejektet från struvitfällningen.

EkoBalans startade under år 2022 bygget av en fabrik för avvattning och torkning av rötresten samt pelletering vid biogasanläggningen Söderåsens bioenergi i Bjuv. Fabriken bedöms kunna ge 2000 ton/år av färdig pelleterad NPK-produkt med en ungefärlig sammansättning 9:1:1 (%). Innehållet kan dock varieras något, beroende på andelen av ingående råvaror. Tillverkningen i Bjuv ska starta under 2023. Det finns därutöver diskussioner om avtal med fler biogasanläggningar, både större och små gårdsnära samrättningsanläggningar. Planer finns om två anläggningar till på 5 års sikt. Företaget bedömer en sammanlagd potential till år 2028 om 40 000 ton/år färdig produkt, vilket skulle motsvara ca 3 600 ton kväve och 400 ton fosfor respektive kalium per år.

⁴³ Med ammoniumstripping utvinns ammoniumkväve genom att öka vattnets temperatur (upp till 65-80 °C) och pH justeras med stark bas (till omkring pH 10). Då återfinns en majoritet av ammoniumkvävet som ammoniak (NH₃) istället för ammonium (NH₄⁺) och ammoniaken kan avgå som gas ur vätskan. Avgången sker genom spridning i kolonner med mötande luftflöde. Den utgående luften (med ammoniak) skrubbas sedan i stark syra (svavelsyra eller salpetersyra) varpå ammoniaken återgår till en flytande fraktion.

Initiativ: More Biogas/SLU och RISE (fosfor)

Vid en samrötningsanläggning utanför Kalmar pågår forskningsförsök inom projektet ”Cirkulär NP” som drivs av SLU tillsammans med RISE för att berika rötresten till ett fosforgödselmedel.⁴⁴ Anläggningen drivs av ett jordbrukskooperativ som tidigare skickat sin stallgödsel dit för att sedan få tillbaka biogödsel. På djurgårdarna finns ett överskott av fosfor på grund av att man köper in foder till djuren. Det ökar risken för näringsläckage ut i Östersjön. Många växtodlingsgårdar har däremot inte tillgång till djurgödsel, och behöver i stället köpa in mineralgödsel. Genom att koncentrera näringsinnehållet och på så sätt förflytta djurgödsel till gårdar specialiserade på växtodling kan man lösa dessa problem.

Genom att separera fosfor ur biogödseln ska det inom projektet tas fram torra transporterbara produkter, med en sammansättning av växtnäring som förbättrar användbarheten eftersom det minskar ansamlingen av fosfor i jordarna och ger en bättre kväve- och fosforbalans för grödor på gårdarna. Genom att behandla biogödseln i en skruvpress och centrifug separeras drygt 50% av fosfor och ca 15% av kvävet till en relativt fast fraktion (ca 25% torrsubstans jämfört med 5% i biogödseln). Den fasta fosforrika fraktionen går vidare till olika produktkoncept som bland annat innebär olika grad av värmebehandling, som torkning, hydrotermisk behandling och pyrolys. Bland annat har biokol producerats. Det har också gjorts försök att utvinna kväve ur den flytande fraktionen, där det norska företaget N2Applied varit involverade. De har dock inte gått vidare med denna process.

Cirkulär NP finansieras av BalticWaters2030 under projektperioden 2021-2026. Under projektet ska fallstudier genomföras som involverar lantbrukare i närområdet, med tester av både rötresten från More Biogas och separerad gödsel. Produkten är inte kommersialiserad.

3.2.7 Slaktrester

Kött-, blod- och benmjöl framställs av slaktrester och kan användas som gödning i jordbruket. Materialet innehåller främst kväve, fosfor och kalcium. Mjölet kan användas direkt som gödning i form av pulver eller användas som råvara i tillverkningen av till exempel pelleterade gödselprodukter.

Ungefär trettio procent av djurens levande vikt består av icke ätbara slaktrester. Slaktrester sorteras in i tre olika klasser enligt EU:s regelverk (förordning (EG) nr 1069/2009) där klass 1 kommer från djur som kan innehålla TSE-smitta⁴⁵. Klass 2

⁴⁴ <https://www.slu.se/ew-nyheter/2022/12/bättre-utnyttjande-av-djurgodsel-kan-minska-behovet-av-mineralgodsel/>

⁴⁵ Transmissibla Spongiforma Encefalopati, t.ex. BSE (bovin spongiform encefalopati) – ”Galna ko-sjukan”

är rester av djur som dött av andra orsaker än slakt, och kan utgöra en risk för smitta av annat än TSE. Kategori 3 är slaktrester från tillverkningen av olika köttprodukter för humankonsumtion. För att slaktrester ska få användas som foder eller gödselmedel ska klass 3-rester pastöriseras under värme, medan klass 2-rester ska steriliseras under tryck och värme, varefter materialet torkas till ett pulver (Möller, 2015).

Inom Europa behandlas ca 17 miljoner ton slaktrester årligen varav ca 12 miljoner ton är klass 3.⁴⁶ Av praktiska skäl hanteras material av klass 3 och 2 ofta på samma sätt som klass 1. Av den anledningen förbränns ca 50 procent av alla slaktrester i Europa. I Sverige går slaktrester uteslutande till biogasanläggningar eller förbränning, alternativt att de exporteras till Danmark. Användningsområdet för olika typer av slaktrester är dock bred. Den vanligaste användningen av fraktionen kött-, blod- och benmjöl är i mat till husdjur, följt av foder till fiskodlingar, på grund av att lönsamheten är bäst där. Dessa verksamheter önskar ett specifikt näringsinnehåll och anläggningarna inom Europa säljer därför också till tillverkare av gödselmedel, som inte har samma specifika krav, för att ha en spridning i sin avsättning och minska den ekonomiska risken. Normalt går endast en begränsad del till produktion av gödselmedel.

Innehållet av kväve och fosfor samt hur snabbt det blir växttillgängligt beror på andelen kött- respektive benmjöl som gödselmedlet innehåller. Fosfor i benmjöl är i form av apatit och blir långsamt växttillgängligt. Kväve i köttmjöl är organiskt bundet, med låg koncentration av ammonium. Innehållet av kalium och svavel är lågt, och svavlet är organiskt bundet (Möller, 2015).

Gödselmedel av kött- och benmjöl är dyrare än vanlig handelsgödsel, men är godkänt för ekologisk odling, vilket gör att användningen är som störst hos ekologiska lantbruk. Den framtida potentialen för detta resursflöde är beroende av ett fortsatt intresse för ekologisk odling. Prisskillnaden kan dock upplevas som mindre om priset för mineralgödsel ökar. Gödselproducenternas möjligheter att göra nya investeringar minskar när lagstiftningen är osäker. Verksamheten påverkas bland annat av KRAV:s olika regler för certifiering och användande, samt nya miljökrav och regler för ekologisk odling inom EU.

Initiativ: Ekoväx

Ekoväx är ett företag som haft pelletsproduktion sedan år 2008. Tillverkning sker i Hova, Västergötland. Från början fanns en produkt i sortimentet gjord på köttmjöl från Norge. Sortimentet har sedan dess utvecklats med hjälp av fler råvaror, bl.a. Vinass som är en restprodukt från jästindustrin.

⁴⁶ <https://efpra.eu/publications/>

Ekoväx köper kött- och benmjöl samt en begränsad mängd blodmjöl, beroende på tillgång, från slakterier i Norge, Finland och Holland. Mjölet från de olika anläggningarna innehåller olika näringsammansättning. De köper också in Vinass från Sverige och Danmark, varav ca en tiondel används i pelletsproduktionen medan resten används i det egna lantbruket eller säljs vidare direkt, samt importerar kaliumsulfat. Av dessa tre råvarorna gör Ekoväx sedan egen produktion av agropellets med olika näringsinnehåll beroende på råvara och sammansättning. De har bland annat ett kväverikt gödselmedel (AgroPellets 10-3-1) gjort på köttmjöl och ett annat gödselmedel med högt innehåll av kalium och svavel (AgroPellets 6-3-8-4) gjort på köttmjöl, vinass och kaliumsulfat. Råvarorna blandas med hjälp av en lastmaskin, och går sedan genom en sikt till en pelletspress. Efter pressen kyls produkten ner och säckas. Särskilt pelletspressen kräver en del energi. Ekoväx har egna solceller, som täcker det årliga energibehovet till pressen, samt är delägare i vindkraftverk.

Ekoväx säljer numera ca 12 000–15 000 ton pellets per år. Produkterna är ett par gånger dyrare än handelsgödsel men det de producerar säljer alltid slut. Försäljningsmängden beror fortfarande mest på hur mycket råvara de kan få tag på. De som köper Ekoväx produkter är svenska ekologiska och KRAV-certifierade odlare av spannmål, oljeväxter, potatis och rotfrukter. Produkterna innehåller organiskt bundet kväve och det behövs därför fukt och värme i marken för att kvävet ska bli växttillgängligt. Spridning av pelletsen kan ske med såmaskin, centrifugalspridare eller ramspridare.

Initiativ: Gyllebo Gödning

Gyllebo Gödning grundades 1979 och ägs idag av lantbrukskooperativet Lantmännen och Konvex. Lantmännen bistår med försäljning av slutprodukt och produktionen sker i Lantmännens fabrik 196 i Östra hamnen i Malmö. Konvex är ett företag vars huvudsyssla är att förädla och sälja restprodukter från slaktverksamhet, de förser Gyllebo Gödning med råvara.

Gyllebo Gödning producerar över 30 000 ton kvävegödsel varje år, vilket gör dem till en av de största producenterna i landet just nu. Råvaran består av slaktrester som torkas och omvandlas till ett högproteinhaltigt mjöl rikt på kväve, men eftersom det är ett biologiskt material ingår även fosfor, kalcium etcetera i slutprodukten. Totalt ingår ungefär 1 000 ton fosfor i den totala produktionen.

Slutprodukterna är ekologiska gödningsprodukter i pelletsform som är anpassade för lantbruk, grönytor och trädgårdar. Produkterna som säljs till lantbruk är godkända för ekologiskt- och kravmärkt lantbruk och den största andelen av köpare består av lantbrukare som bedriver ekologisk odling. Produkterna som säljs för användning till grönytor och trädgårdar består av organiskt material och mineralgödsel i form av ammoniumsulfat som i dagsläget importeras från Norge

där det fällt ut ur slam i Osloområdet. Samtliga produkter går under samlingsnamnet Biofer.

3.2.8 Avfallsaskor

Askor från olika avfalls- och procesströmmar är en potentiell framtida resurs för utvinning av näringsämnen. Inom skogsindustrin återförs näring tillbaka till skogsbruket genom att sprida askan från t.ex. pappersmassabruk och biobränsleanläggningar på marken. Flygaska från avfallsförbränning är en annan potentiell källa till näring, exempelvis från förbränningen av biobränslen eller slaktavfall. Beroende på vad som förbränns innehåller askan olika näringsämnen men även oönskade ämnen. Dock inget kväve eftersom det förbränns. Aska från skogsindustrin innehåller t.ex. fosfor samt näringsämnena kalcium, magnesium och kalium. Genom kemisk återvinning är det möjligt att vidareförädla askan till näringsprodukter och samtidigt avlägsna oönskade ämnen. Näringsprodukterna kan sedan användas i bland annat produktionen av gödselmedel. I Sverige uppkommer ungefär 300 000 ton flygaska per år från det avfall som förbränns inom el- och fjärrvärmesektorn. Denna flygaska har traditionellt exporterats till Norge, eller lagts på deponi.

Initiativ: EasyMining (kalium)

Företaget har utvecklat en process de kallar Ash2salt för att utvinna olika salter från flygaska. De har en fabrik utanför Stockholm som startar sin verksamhet under 2023. Fabriken kommer att kunna behandla upp till 150 000 ton flygaska varje år. Genom att ”tvätta” flygaskan ger det potential att producera ca 3 500 ton torr kaliumklorid per år, samt salterna natriumklorid och kalciumklorid (personlig kommunikation, EasyMining). Natriumklorid är vanligt koksalt, medan kalciumklorid kan användas för att salta vägar på vintern. Kaliumklorid (KCl) är den vanligaste råvaran vid framställning av kaliumgödselmedel⁴⁷. Det finns dock flera avsättningar och användningen kommer bero på var lönsamheten är bäst. Kaliumkloriden från EasyMinings anläggning kommer till att börja med säljas till ett norskt företag som heter GC Rieber⁴⁸. De har verksamhet i flera länder, även Sverige, och jobbar med olika avsättningar. Kaliumkloriden kommer inte initialt säljas som råvara till gödselmedel eftersom GC Rieber har andra avsättningar som ger ett högre pris.

⁴⁷ Däremot skulle man inte kunna CE-märka KCl från Ash2Salt eftersom den europeiska gödselmedelslagstiftningen inte tillåter näringsämnen utvunna ur ”municipal waste streams” (oavsett kvalitet).

⁴⁸ <https://newsroom.ragnsells.se/posts/pressreleases/ragn-sells-och-gc-riber-i-samarbete-kring-at>

Potentialen till år 2023 är alltså 3 500 ton/år kaliumklorid. EasyMining planerar att bygga en andra fabrik på en lämplig plats i södra Sverige, södra Norge eller Danmark⁴⁹.

3.2.9 Marina produkter och växtmaterial

Marin biomassa innehåller många näringsämnen, inklusive mikronäringsämnen, och mängden näring totalt sett är av en betydande storlek. Enligt en forskningsrapport är nuvarande bidrar marin biomassa som används som gödselmedel med att ersätta 2,6 ton fosforgödselmedel per år, men mycket av potentialen är fortsatt outnyttjad och ett troligt utfall är att skörd av marin biomassa kommer ersätta 120 ton (1%) av fosforbehovet i jordbruket till 2050 (Sinha, 2022). Det pågår mycket forskning där det undersöks hur olika arter och massor kan tas tillvara för att recirkulera näringen till jordbruket. Inom dessa forskningsprojekt har det genomförts ett flertal pilotprojekt och tester på jordbruksmark. Ur projekten har det också kommit några start-ups, men kommersialisering ligger ett antal år bort (pers. kom., KTH, 2022). Det främsta motivet för användningen av marin biomassa är som miljöåtgärd för att minska övergödning. Det är mindre troligt att det kommer komma enskilda anläggningar i stor skala för produktion av näringsämnen från marin biomassa, men om mindre projekt upprepas på många platser kan det bidra till att täcka en del av det svenska näringsbehovet. Bland annat kan nämnas att jordbrukare på Gotland under längre tid använt tång från rensning av badstränder som jordförbättringsmedel, och därmed minskat behovet av mineralgödsel. Under ett forskningsprojekt i Västerviks kommun testade jordbrukare att använda näringsrikt vatten från övergödda vikar för att bevattna åkermark, vilket gav bättre markegenskaper samt ökad skörd. Växtmaterial som exempelvis tång och vass har testats för att tillverka biokol. Även muddermassor från hav och sjöar innehåller fosfor och kan avvattnas och läggas på jordbruksmark för att tillföra näringsämnen. Nordic Seafarm är ett företag ursprunget ur tidigare forskningsprojekt och tillverkar odlad sockertång för humankonsumtion. En alternativ användning är produktion av gödselmedel. Även food-tech bolaget Musselfeed startade med forskning men erbjuder idag en jordförbättringsprodukt gjord på krossade blåmusselskal som är rik på kalk. Marina växtmaterial innehåller ofta höga halter av kadmium vilket kan innebära utmaningar för att kunna användas i jordbruket. Dock går det att, precis som andra resursflöden, vidareförädla materialet efter till exempel produktion av biogas eller biokol till användbara gödselmedel.

3.2.10 Deponier och massor (potential och initiativ saknas)

Under Rambolls referensgruppsmöten nämndes deponier och liknande som möjlig källa till näringsämnen (ämnen som inte längre är att betrakta som avfall) men potentialen är okänd och Ramboll har inte kunnat återfinna något namngivet

⁴⁹ <https://newsroom.ragnsells.se/posts/pressreleases/ragn-sells-vill-investera-i-en-andra-ash2salt>

initiativ. I denna kategori finns även tänkbar utvinning ur massor som uppkommer vid grävarbeten i stora infrastrukturprojekt (till exempel vägar och järnvägar), markarbeten och byggande samt vid efterbehandling av förorenade områden. Lakvatten (vatten som har runnit genom platser med deponerat avfall) innehåller ofta en rad oönskade föroreningar, både suspenderat (synligt) och upplösta ämnen men det skulle potentiellt också kunna finnas näringsämnen att utvinna. Ramboll har inte gått vidare med detta flöde då information om möjligheterna saknas.

3.3 Sammanställning av samtliga funna initiativ

I detta avsnitt beskriver Ramboll de initiativ som vi hittills har funnit, som skulle kunna ha potential och skalbarhet inom inhemsk gödselmedelstillverkning. Initiativen i denna bruttolista är samlade i

Tabell 2, som kortfattat beskriver vilket företag som står för initiativet, vilken huvudsaklig teknik som används och vilken näringsprodukt som framställs eller kan framställas. Dessutom har vi försökt att grovt ange den potential som initiativet har och vid vilken tidpunkt det skulle kunna vara realiserat (kommersialiserat). Nedanför tabellen kommer kortfattade beskrivningar av initiativens tekniker och vad vi hittills funnit om potential och användbarhet, i den ordning de tros kunna nå marknaden (alltså inte ordnade enligt potential).

Tabell 2: Bruttolistan - ett urval av svenska initiativ som kan stötta inhemsk produktion av gödselmedel (ordnad efter tid för uppskattad realisering/kommersialisering). För referenser, se Annex 2

Initiativ	Beskrivning	Näringsämnen och uppskattade potentialer	Realisering/kommersialisering
Biototal	Använder ammoniumsulfat som bildas som restprodukt från stålproduktion (även aktiva inom distribution av slam)	ca 420 ton N /år ca 480 ton S /år Begränsad framtida potential i Sverige i och med stålindustrins omställning.	Kommersialiserad
Gyllebo Gödning	Kvävegödsel från slaktrester	Ca 30 000 ton produkt/år med ca 3 000 ton N och 1000 ton P, samt mindre mängder av andra näringsämnen.	Kommersialiserad
Ekoväx	Tillverkar pellets från slaktrester, vinass och kaliumsulfat	Säljer idag 12–15 000 ton pellets per år med olika sammansättning, till exempel NPK 10-3-1	Kommersialiserad
Purac	Biopellets från röstrest	1 800 ton biopellets NPK 7-1-3 samt magnesium, svavel, kalcium och andra mikronäringsämnen	Kommersialiserad
DiaPure	Har utvecklat ett filtermaterial som är designat för fosforretention	Reningsverk: 500 ton P/år Våtmarksfilter: 1 – 10 kg P/hektar och år Enskilda avlopp: ca 1,5 kg P/5pr och år	2022/2023: 35 ton filtermaterial/år 2024: 150 ton filtermaterial/år 2025: fosforåtervinnings-teknik
NSVA	Anläggning som utvinner näringsämnen ur klosettatten och kvarnat matavfall	31 ton ammoniumsulfat (21% kväve) och ca 5,7 ton struvit (12% fosfor)	I drift men inte i full produktion ännu
C-green	Omvandlar bioslam från pappersmassa till hydrokol och möjliggör återvinning av fosfor och kväve	3000 ton TS hydrokol per år med 100 ton N, 50 ton P och 3 ton K. Ca 45% kol	I drift i Finland men inte fullt kommersialiserad produkt
Ekobalans	Utvinner kväve och fosfor i form av ammoniumsulfat och struvit från biogödsel. Tekniken kan även användas på avloppsvatten	2023: totalt 2000 ton pellets/år NPK 9:1:1 2028: totalt 40 000 ton pellets/år NPK 9:1:1, dvs. 3 600 ton N, 400 ton P och K	2023
C-green	Omvandlar slam från avloppsreningsverk till hydrokol och ammoniumsulfat	3500 ton TS hydrokol per år med 90 ton N, 120 ton P och 27 ton K. Ca 30% kol. Ytterligare 100 ton kväve i form av ammoniumsulfat	2023
Easymining: Ash2Salt	Kalium ur flygaska från avfallsförbränning	3500 ton kaliumklorid per år	2023

Initiativ	Beskrivning	Näringsämnen och uppskattade potentialer	Realisering/kommersialisering
NitroCapt	SUNIFIX-tekniken utvinnet kväve med hjälp av vatten, luft och el	2023: 110 ton N/år 2024: 4 400 ton N/år	2023: Första anläggningen 2024: Andra anläggningen 2025: ytterligare anläggningar
Sanitation 360	Utvinner kväve från separerat urin	2024: 9 ton N/år	2024
Cinis Fertilizer	Up-cycling från massa- och pappersindustrin och elfordons-batteriindustrin, importerar kaliumklorid	2024: 100 000 ton kaliumsulfat/år 2028: 900 000 ton kaliumsulfat/år	2024: Första anläggningen 2028: 2-4 ytterligare anläggningar
Easymining: Aqua2N	Kväve fångas upp av en utfällningskemikalie och separeras från avloppsvattnet	2000 ton ammoniumsulfat/år ger 420 ton N/år (1 fabrik)	2025
Easymining: Ash2Phos	Utvinner näringsämnen ur förbränt slam	15 000 ton kalciumfosfat per år, 2 600 ton P, från en anläggning	2025/2026
LKAB	Utvinning ur anrikningssand	500 000 ton fosfor/år	2027
Group Fertiberia	Tillverkning av ammoniak genom elektrolys	1 000 000 ton gödselmedelsprodukter (sammansättning okänd)	2027/2028
INITIATE	Producerar urea ur överskottsgas från ståltillverkning	66 000 ton urea/år och stålverk	2030, begränsad framtida potential i Sverige i och med stålindustrins omställning.
Övriga initiativ:			
Ett svenskt energibolag och ett par kommuner tittar tillsammans på möjligheten att bygga en anläggning för monoförbränning av rötslam med utvinning av fosfor			
Kväve från vätgastillverkning, sekretessbelagt initiativ			
More Biogas, forskningsprojekt att separera fosfor ur biogödsel från samrötningsanläggning, inte kommersialiserad produkt			

4 Fördjupande analys av utvalda initiativ inom olika resursflöden

Ramboll har fördjupat analysen av ett antal initiativ utvalda från de som presenterats i föregående kapitel under respektive resursflöde. Urvalet av initiativ att studera djupare har gjorts utifrån en sammantagen bild över hur stor potentialen är i resursflödet, hur långt initiativet är från kommersialisering och hur användbar slutprodukten är för den svenska marknaden. De initiativ som valts ut för fördjupad utredning ska även ge en spridning av de olika näringsämnen som efterfrågas samt en spridning mellan resursflödena. Kapitlet redogör för urvalet av initiativ och beskriver initiativen mer i detalj. Slutligen redovisar vi en sammanställning av våra bedömningar av de utvalda initiativen och den totala potentialen i att utvinna näringsämnen i de resursflöden som de tillhör. Vi är medvetna om att en strikt jämförelse är svår att göra med tanke på att mognadsgraden idag är olika i varje satsning men redovisar ett underlag för resonemang om möjligheterna med de olika initiativen.

4.1 Urval av initiativ

Initiativen som valts ut nedan ska ses som exempel på satsningar som kan bedömas ha en större potential och skalbarhet för användning i svenskt lantbruk inom en tioårsperiod och upp mot 30 års sikt. Det är också initiativ inom resursflöden med stor potential d v s där det finns stora volymer näringsmaterial eller möjligheter till produktion på många ställen. Det finns flera initiativ utöver dessa som kan vara av betydelse för att sammantaget få till en inhemsk produktion som täcker behovet av gödselmedel i Sverige och Ramboll menar alltså inte att just dessa alternativ är de enda som kan bidra till inhemsk gödselmedelsproduktion.

Inom produktion av kvävegödselmedel studeras:

- Group Fertiberia (*fixering av kväve från luft*) som har långt gångna planer på att replikera sin vätgas-teknik i Sverige och producera grön ammoniak för framställning av kvävegödselmedel. Är det initiativ inom resursflödet med störst potential inom en femårsperiod. Det finns dock andra initiativ inom detta resursflöde av betydande storlek, vilket vi återkommer till i slutsatsavsnittet.
- Ekobalans (*rötresten från biogasanläggningar*) och deras teknik att vidareförädla rötresten till pelleterade produkter med ammoniumsulfat. Denna teknik kan återupprepas på många olika ställen vilket sammanlagt skulle bidra till att minska behovet av mineralgödsel på ett betydande sätt. Det handlar dels om effektivisering av näringsinnehållet i stallgödsel, dels om att öka utnyttjandegraden av andra organiska avfall i jordbruket.

Inom produktion av fosforgödselmedel studeras:

- LKAB:s ReeMAP-projekt (*restprodukter gruvindustri*) som bedöms ha en mycket stor potential för framställning av fosfor, redan med dagens tillgängliga material. Det enda projektet inom detta resursflöde.
- EasyMining (*avloppsvatten*) som med flera tekniker framställer olika näringsämnen. Här studeras deras potential för framställning av fosfor ur slamaska, som kan bli omfattande om många reningsverk ansluter sig till företagets centrala anläggningar.
- C-green (*restflöden från pappersmassabruk*) som framställer hydrokol av restprodukter från flera olika resursflöden. Hydrokol kan användas direkt som jordförbättringsmedel eller för vidare utvinning av framförallt fosfor. Är intressant utifrån att den totala mängd näringsmaterial som finns i de olika resursflöden som omfattas är substantiell, samt att inget annat initiativ inriktar sig på slam från pappersmassabruk.

Inom produktion av kaliumgödselmedel studeras:

- Cinis Fertilizer (*restprodukter från industriproduktion*) som ska utnyttja restprodukten natriumsulfat från två typer av industriproduktion för framställning av kaliumsulfat. Stor mängd produkt men kräver tillförsel av kaliumklorid, som i sig är ett eftertraktat gödselmedel.

Dessa sex initiativ presenteras djupare nedan, med fokus på potentiell produktion, vilken produkt som planeras, vem som är kund (jordbruk eller mellanhand) samt användningsområden för producerad vara. Om information finns om den tänkta slutprodukten görs en bedömning av användbarhet (växttillgänglighet, hanterbarhet för spridning, lagring och transport och föroreningar). Vi bedömer tidsperspektiv för start av och skalning av produktionen, vi beskriver produktionsmetoder, tekniker och insatsvaror samt de hinder vi har uppfattat, såsom lagstiftning och tillstånd eller eventuella begränsningar eller risker i tillgång på råvaran från resursflödet, insatsvaror och energiförsörjning. Vi tar upp vad som kan sägas om initiativens förutsättningar för att kunna erbjuda en prismässigt konkurrenskraftig produkt. Slutligen diskuterar vi vilken, positiv eller negativ, miljö- och klimatpåverkan initiativet kan ha vad gäller produktionsmetod, råvaruutvinning och risk för föroreningar.

4.2 Djupstuderade initiativ

Inom djupstudierna görs en ansats att besvara frågeställningarna som beskrivs i avsnitt 2.2. Vidare analys har gjorts genom intervjuer med initiativen, och kompletterats med litteraturstudier. Resultaten från respektive analysen sammanställs i slutet av kapitlet. I den samlade redovisningen ges en översikt över

de sex olika initiativens potential, tidshorisont samt för- och nackdelar inom respektive frågeområde.

4.2.1 Group Fertiberia

Resursflöde: Fixering av kväve från luft

Potentiell produktion

Fertiberia är ett etablerat företag inom växtnäringindustrin. Kommersiellt fokus för deras verksamhet är Europa med produktionsanläggningar i Portugal, Spanien och Frankrike, samt en ny anläggning i Nederländerna. Fertiberia ägs av Triton Partners, ett tysk-svenskt investeringsbolag. Avancerade gödselmedel utgör mer än hälften av årsomsättningen på 1,5 miljarder EURO, resten är konventionella gödselmedel och tekniska produkter, bland annat Urea till djurfoder.

Initiativet, Green Wolverine, bygger på Fertiberias erfarenheter för att minska koldioxidutsläppen vid ammoniakstillverkning i Portugal och Spanien, samt på förutsättningarna i Norrbotten, där 100% av elproduktionen redan kommer från förnyelsebara energikällor. Företaget bedömer att det finns en betalningsvilja i Sverige när det gäller hållbara gödselmedel men ingen inhemsk gödselmedelsproduktion. Genom projektet Green Wolverine planeras en ny anläggning i Luleå med 700 MW elektrolysörer för produktion av vätgas utan koldioxidavtryck, och en anläggning för produktion av grön ammoniak med en kapacitet på 1500 ton/dag. Bakgrunden till initiativet är att konstgödselproduktionen idag är mycket energiintensiv och naturgasen bidrar till höga koldioxidutsläpp.

Slutprodukten är färdiga kvävegödselmedel av varierande sammansättning, endera en produkt baserat helt på ammoniak eller där ammoniak är en råvara till NPK-gödselmedel. Planerade volymer är 90 000 ton vätgas, som ger 0,5 miljoner ton fossilfri ammoniak och ca 1,2 miljon ton gödselmedel per år. Det mesta av ammoniakerna kommer att nyttjas till gödselmedlen men en del som reservkapacitet i form av energibärare. Lantmännen är partner i projektet och arbetar med Fertiberia för att identifiera vilka produkter som bäst passar det inhemska lantbrukets behov. Hur ammoniakerna tillverkas påverkar inte användbarheten som gödselmedel, så det skiljer sig inte mot andra gödselmedel som innehåller ammoniak. Målgrupp liksom distributionsmodell utformas gemensamt av projektgruppen. En annan svensk partner är Nordion Energy, som är aktiva i att skapa en infrastruktur för vätgas i norra Sverige. Initiativet har också synergier med LKAB:s ReeMap projekt i samma område.

Tidsperspektiv

Nuvarande uppskattning är att produktionen har kapaciteten att motsvara hela behovet av kvävegödselmedel i Sverige och huvudmålet är att täcka en signifikant

andel av den nationella konsumtionen. För resterande produktion inriktas försäljningen till Norra Europa och Baltikum. Byggstart är planerat till 2024 och produktion av gödselmedel kan starta år 2027. Det förutsätter dock att energiförsörjningen säkerställs genom tilldelning av el och att miljötillstånd finns på plats, vilket ännu inte är fallet enligt en artikel i Dagens Industri (12 februari 2023).

Produktionsmetod och råvaror

Elektrolysteknologin för produktion av vätgas är inte fullt definierad, men blir troligen en kombination av alkaline och PEM. Vätgasanläggningens placering planeras till Boden så att den kan anslutas till stamnätet och säkerställa tillgång till förnybar el. Vätgasen transporteras till anläggningar i Luleå i en 40 km lång nedgrävd vätgasledning, en ammoniakfabrik och en gödselmedelsfabrik nära Luleå hamn från vilken varorna kommer att skeppas.

I fabriken kommer Haber-bosch-processen⁵⁰ för att producera ammoniak att användas men något modifierad för att hantera variationer i tillgången på förnybar energi och vätgas. Vätgasaledningen fungerar också som lagerutrymme vilket gör det möjligt att anpassa produktionen av ammoniak i tid. Lagringstankar för ammoniak skapar full flexibilitet i gödselmedelsfabriken. Det finns några patenterade tekniker i gödselmedelsfabriken som Fertiberia har utvecklat och använt i sina existerande anläggningar.

När det gäller gödselmedelstillverkningen så produceras kvävegödselmedel baserade enbart på ammoniak men även sammansatta gödselmedel som kväve-svavel och NPK. I NPK adderas råvaror med fosfor och kalium och för dessa kommer Fertiberia att arbeta intensivt för att få till cirkulära lösningar. Om material inte finns tillgängligt genom cirkulära processer kommer det att importeras, vilket troligtvis kommer att gälla för kalium. Kring cirkulära processer har Fertiberia dialoger med LKAB då det finns många synergier att nyttja mellan företagen.

Insatsvaror till produktionen är energi, luft och vatten. Tillgång till fossilfri el är den avgörande faktorn för projektet genomförande. Utöver detta behövs mineraler, mikronäringsämnen, tillsatsämnen och förpackningsmaterial. Fertiberia kommer att försöka införskaffa dessa från lokala leverantörer. Det är för nuvarande inga problem med tillgången på andra råvaror.

Ekonomi och lönsamhet

För att vara lönsamt behöver projektet tillgång till konkurrenskraftig el, vilket är den huvudsakliga kostnadskomponenten. Projektets konkurrenskraft beror också på kostnaden för andra energialternativ, kostnad för koldioxidutsläpp och ekonomiskt stöd från nationella och europeiska organ. Företaget är övertygade att Europa måste övergå och utveckla en hållbar livsmedels- och energimarknad. Nuvarande

⁵⁰ Haber-bosch-processen är baserad på vätgas (från pipeline) och kväve (från luften)

konkurrenter är de traditionella tillverkarna av gödselmedel på grå vätgas från Europa, Ryssland och globalt. På medellång sikt kommer alla fossilbränslebaserade producenter med höga koldioxidutsläpp att få allt svårare att sälja sin produktion och att konkurrera kostnadsmässigt.

Fertiberia kommer att kombinera produktionen från Green Wolverine-projektet med sin kunskap om hur man anpassar sitt utbud av växtnäring till olika grödor och klimatet i Sverige och angränsande länder. Företaget uppfattar en positiv efterfrågan för denna typ av produkter från lantbruket och livsmedelsindustrin. Nu finns även den geopolitiska situationen som ökar efterfrågan. Minskade utsläpp och ökad avkastning i gödselmedelsanvändningen kommer delvis att kompensera för höga gödselmedelspriser. En prispremie kommer att avtalas med partners i livsmedelsvärdekedjan, vilket hjälper projektets ekonomiska hållbarhet.

Företaget bedömer att cirka 300 direkta jobb kommer att skapas i Luleå och Boden, samt dubbelt så många indirekt.

Miljö- och klimatpåverkan

Fertiberia har på olika sätt effektiviserat produktionen genom att bli energieffektivare och genom att minska CO₂-avtrycket. Fertiberia har åtagit sig att uppnå netto-noll klimatutsläpp till 2035 enligt Science Based Targets Initiative. Båda anläggningarna kommer producera överskottsenergi som skulle kunna användas för att värma upp byggnader på respektive plats.

Utsläppen från anläggningarna kommer följa kraven enligt miljötillståndet. Miljöpåverkan kommer huvudsakligen komma från utsläpp av kväveoxider, dam och läckage av ammoniak, med ett mål om noll läckage.

Fertiberia har arbetet för att utveckla sina produkter för ökat näringsupptag och att läckage av näringsämnen vid användning minimeras.



Figur 5 Flödesschema teknik Fertiberia, sista rutan avser färdigt gödselmedel

4.2.2 EkoBalans

Resursflöde: Rötresten från biogasanläggningar

Potentiell produktion

EkoBalans startade under år 2022 bygget av en fabrik för avvattning och torkning av rötresten samt pelletering vid biogasanläggningen Söderåsens bioenergi i Bjuv. Fabriken bedöms kunna ge 2000 ton/år av färdig pelleterad NPK-produkt med en ungefärlig sammansättning 9:1:1 (%). Produkten görs av en fast fraktion av torkad

rötrestr, samt struvit och ammoniumsulfat som utvinns ur rejektströmmar. Näringsammansättningen kan dock variera något, beroende på andelen av ingående råvaror. Produkten innehåller också andra näringsämnen som svavel, magnesium, kalcium och mikronäringsämnen samt organiskt material som bidrar till mullhalten i jorden.

Det finns enligt EkoBalans ingen egentlig begränsning för potentialen när det gäller tillgången på rötrestr. Används stallgödsel i biogasproduktionen tillförs dock inte nya näringsämnen till jordbruket från denna fraktion, utan då är fördelarna med produkten istället en förbättrad näringsammansättning och möjlighet till omfördelning mellan djur- och växtgårdar.

Tidsperspektiv

Tillverkningen i Bjuv ska starta under 2023. Det finns därutöver diskussioner om avtal med fler biogasanläggningar, både större och små gårdsnära samröttningsanläggningar. Planer finns om två anläggningar till på 5 års sikt. Företaget bedömer en sammanlagd potential till år 2028 om 40 000 ton/år färdig produkt, vilket skulle motsvara ca 3 600 ton kväve och 400 ton fosfor respektive kalium per år (NPK 9:1:1).

Produktionsmetod och råvaror

Biogasanläggningen i Bjuv rötar till största del organiskt avfall från livsmedelsindustrier, gödsel och matavfall. Anläggningens kapacitet är cirka 65 000 ton organiskt avfall om året. Rötresten som bildas vid biogasproduktionen (biogödsel) har ett vatteninnehåll på mellan 92 och 98 procent vatten. Ekobalans teknik går ut på att vidarebehandla rötresten genom att först avvattna till 30% TS och sedan torka till en organisk fraktion med 90% TS. Avvattningsrejektet innehåller fosfor och kväve som tas om hand i de efterföljande stegen som EkoBalans kallar eco:P respektive eco:N. Först utvinns fosfor genom struvitfällning i form av magnesiumammoniumfosfat (struvit), ett pulver med ett innehåll av 12,5% fosfor, 5,7% kväve och 9,9% magnesium. Näringsämnena är växttillgängliga. Vid struvitfällningen tillförs magnesiumsalt.

I nästa steg utvinns kväve ur restflödet från struvitfällningen. Genom tillsats av svavelsyra skapas ammoniumsulfat i form av kristaller av en storlek på 0,5-2 mm. Ammoniumsulfat innehåller 21% kväve och 24% svavel.

De tre olika produkterna, den organiska fraktionen, struviten och ammoniumsulfaten, kombineras sedan till olika pelleterade gödselprodukter. Näringsammansättning kan varieras något beroende på användningsområde.

Tillsatsämnena som de använder i produktionen nyttjas inom flera delar av kemiindustrin vilket skapar konkurrens men är inga bristvaror. När det kommer till energibehov så är det i torkningssteget som det förbrukas absolut mest. Det finns

dock ofta överskottsenergi från biogasanläggningen som kan återanvändas i processen.

Ekonomi och lönsamhet

EkoBalans affärsidé är att tillverka och sälja sin teknik till biogasanläggningar och samtidigt skriva avtal om att köpa tillbaka de olika fraktionerna som kommer ut av processen. Den pelleterade slutprodukt som företaget säljer till lantbrukaren görs av den fasta organiska fraktionen från torkad rötrest som grund, medan struvit och ammoniumsulfat kan hämtas med hjälp av EkoBalans tekniker både från biogasanläggningar och avloppsreningsverk. Ammoniumsulfaten kan också användas direkt som gödningsmedel men är surt och bör därför inte användas på redan sura jordar. Struvit för direkt användning har en mycket liten marknad.

Produkten ger ett mer effektivt sätt att återanvända den näring som finns i biogödsel. Genom att avvattna och koncentrera näringen minskar kostnaden för lantbrukaren både vid transport och spridning på åkern samt behovet av lagringsutrymme på gården. När dieselpriserna ökar blir det mer ekonomiskt med rötrestförädling. Användbarheten ökar också tack vare en högre kvävehalt jämfört med flytande biogödsel. Biogödsel innehåller dessutom både organiskt bunden och lättillgängligt kväve, vilket gör att den exakta kväveeffekten är svårare att förutse. Pelletsen levereras i storsäck och spridning kan ske med radmyllning eller centrifugalspridare.

EkoBalans produkt tillför ingen ny fosfor och kväve jämfört med att använda biogödsel men genom att förädla rötresten och skapa en mer effektiv produkt hoppas de kunna ersätta viss användning av handelsgödsel, som annars behövs i tillägg till biogödsel på gården, främst för att täcka kvävebehovet. När priserna på handelsgödsel dessutom går upp blir företagets produkt mer attraktiv på marknaden.

Miljö- och klimatpåverkan

Jämfört med användande av flytande biogödsel innebär färre transporter och körningar på åkern en minskad klimatpåverkan. Kan produkten dessutom ersätta handelsgödsel minskar klimatutsläpp från produktionen och transporter vid importen av dessa varor.

Eftersom produkten görs på återvunnet material minskar användningen av nya resurser, som bland annat kommer från gruvbrytning, vilket är positivt för miljön. En utmaning är att företaget använder sig av polyakrylamid som flockningsmedel vid avvattning. Ämnet ansågs i en forskningsrapport kunna brytas ned till monoakrylamid, vilket är hälsofarligt. Trots att uppgifterna sedan visade sig vara felaktiga ses alltjämt användandet av polyakrylamid som negativt inom delar av Europa. Ekobalans letar därför efter alternativ.



Figur 6 Flödesschema teknik EkoBalans, sista rutan avser färdigt gödselmedel

4.2.3 LKAB (ReeMAP)

Resursflöde: Restprodukter gruvindustri

Potentiell produktion

Slutprodukten som planeras i ett första steg är fosforsyra men i förlängningen kan det bli fråga om att tillverka ammoniumfosfat (MAP, DAP). Ammoniumfosfat består av ammoniumkväve i kombination med fosfat och kan användas som gödselmedel eller som råvara, ibland som del av råvara vid NPK-produktion. LKAB har ännu inte bestämt om de ska tillverka ammoniumfosfat själva, och om det i så fall ska säljas till mineralgödseltillverkare eller direkt till lantbruket i form av granulat. Volymen ur anläggningen blir till att börja med minst 100 000 ton fosforsyra per år, vilket räcker till att framställa 400 000 ton MAP eller DAP. Detta motsvarar tre gånger Sveriges behov av fosforgödselmedel. Resten som produceras utöver inhemsk avsättning kan exporteras. Planer finns på att utöka den årliga produktionen stegvis.

Tidsperspektiv

LKAB är i en förstudiefas och är på väg till en projekteringsfas när de grundläggande stegen är genomgångna och fungerar. Troligen är tekniken skalbar men LKAB kan inte säga så mycket om detta just nu. Kommersialisering av produkten är planerad till 2027, men tidshorizonten kommer påverkas av miljötillståndsprocessen. Lagstiftningen och inställningen till gruvbrytning generellt i Sverige bör inverka på möjligheterna att långsiktigt utvinna produkter ur gruvavfall.

Produktionsmetod och råvaror

Tekniken består i att utnyttja det avfall som finns i gruvbrytningen i Kiruna och Malmberget, vilket utgörs av 6 miljoner ton anrikningssand som innehåller stora mängder apatit, ett kalciumfosfatmineral. Verksamheten i LKAB har tidigare inte nyttjat denna resurs men idag är det mer aktuellt att göra något av anrikningssanden i och med den förändrade världsmarknaden och ökat fokus på resursutnyttjande. Apatiten ska transporteras i avskild koncentrerad form till Luleå

där en tänkt fabrik som börjar byggas 2024 ska skilja ut fosfor och tillverka fosforsyra. LKAB kan inte idag svara på om tekniken kommer att patenteras.

Apatit finns i stora mängder även i dammar. LKAB har ett projekt som just nu bedömer hur stora dessa volymer är, det handlar om miljontals ton som ansamlats sedan 40-talet. Nyligen ”hittades” även en ny fyndighet (Per Geijer-fyndigheten) som var känd men inte analyserad. Den innehåller också stora mängder apatit. Utmaningen här är att tillstånd för bearbetning kan komma att dröja, upp emot en tioårsperiod⁵¹.

Råvaror som krävs utöver apatiten är saltsyra, svavelsyra, ånga, elkraft och hjälpkemikalier. LKAB planerar att göra egen svavelsyra tillsammans med Boliden, med en standardteknik. För saltsyra är det en låst cykel där saltsyra även genereras tillbaka så det handlar om att köpa första batchen och sedan fylla på något allteftersom. Produktion av fosforsyra är en energisnål process. Att tillverka svavelsyra är i tillägg en exoterm reaktion vilket ger mycket energi som kan återanvändas i processen. De exakta källorna till försörjning av externt energibehov är inte helt bestämda, men LKAB satsar på samarbeten för energieffektivisering.

Ekonomi och lönsamhet

Framtida tillverkning kräver först och främst att miljötillstånd erhålles och att fabriken i Luleå kommer på plats. Tanken är att LKAB ska konkurrera med hög kvalitet och en prissättning som är rimlig för lantbrukare att betala. Det finns andra tillverkare av fosforsyra exempelvis i Finland⁵² och i Marocko. Ryssland har produktion men är idag inte aktuella att importera ifrån. LKAB känner inte till att andra gruvor har startat med liknande så man är tidigt ute med tekniken. En förutsättning är att LKAB väljer att prioritera denna produktion jämfört med annat som ligger närmare kärnverksamheten (Rambolls anm.)

Den fosfor som finns i den nya Per Geijer-fyndigheten förekommer där tillsammans med sällsynta jordartsmetallerna i vad som huvudsakligen är en järnmalmsfyndighet och kan därför produceras som biprodukter. Det skapar också helt andra möjligheter till en konkurrenskraftig brytning.

När det gäller personal i Luleå finns det ett stort behov på specialistsidan och sammantaget 400–500 personer som jobbar som operatörer, med underhåll etcetera för att hålla i gång produktionen. Kemister har inte erfarenhet av att arbeta med just detta idag så viss omskolning kommer att krävas.

Miljö- och klimatpåverkan

Miljöpåverkan och cirkulära processer har enligt LKAB stor betydelse. Företaget har stora krav på hållbarhet och även fokus på sociala villkor, med målet att det ska bli attraktivt att jobba i och flytta till norra Sverige. Gruvindustrin har tidigare setts som ”smutsig”, men börjar ses mer som en modern verksamhet. Miljötillstånden

⁵¹ <https://lkab.com/press/europas-storsta-fyndighet-for-sallsynta-jordartsmetaller-finns-i-kiruna/>

⁵² Yara, som där även tillverkar färdigt gödselmedel och foderfosfater.

kräver ofta att man tar hand om allt från gruvbrytningen men många gruvor tar idag bara en mineral och lämnar restprodukter outnyttjade och deponerar dessa som avfall.

Det kommer att vara begränsat med kadmium i slutprodukten, liksom är fallet i Finland, vilket minskar problemet med spridning av kadmium jämfört med andra fosforgödselmedel, bland annat mineralgödsel gjorda på råfosfat från Marocko där kadmium-fosforkvoten är högre.

Om det blir aktuellt med ett steg två i fabriken för granulering läggs det till ammoniak i processen och där krävs också miljötillstånd. Detta steg är inte helt definierat och kanske inte kan lösas med helt grön teknik från början (ammoniak producerad med fossil gas kan behöva användas under viss period). Det finns ny teknik och nya energikällor av intresse och industriella samarbeten i norra Sverige som kan bidra till att skapa energibalans och synergier, men dessa är konfidentiella i nuläget.



Figur 7 Flödesschema teknik LKAB, sista rutan avser färdigt gödselmedel

4.2.4 EasyMining

Resursflöde: Avloppsvatten

Potentiell produktion

EasyMining ägs av Ragn-sells, ett familjeägt företag. Idén bakom företaget är att utvinna näringsämnen ut avfallsströmmar och avgifta för att inte återcirkulera gifter. Företaget driver fyra huvudprojekt inom utvinning av näringsämnen: kväve ur rejektvatten från avloppsreningsverk eller andra strömmar som innehåller mycket kväve (Aqua2N), fosfor ur förbränt slam (Ash2Phos), salter ur flygaska från avfallsförbränning (Ash2Salt), samt CleanMap-teknologin för utvinning av ammoniumfosfat ur bland annat gruvavfall. I denna beskrivning analyserar vi framställningen som kommer ur avloppsvatten och från förbränt avloppsslam, d v s Aqua2N och Ash2Phos.

Ash2Phos utvinnet fosfor ur slamaska i form av kalciumfosfat, som skulle kunna ersätta fosformalm från gruvbrytning. Det finns flera gånger högre halt av fosfor i avloppsslam än i bergmaterial. EasyMining har möjlighet att själva tillverka gödselmedel eller sälja som råvara till gödselmedelsproducenter, och detta är ännu inte beslutat. Potentialen är 15 000 ton kalciumfosfat per år, motsvarande 2 600 ton fosfor, från en anläggning i Helsingborg med start kring år 2025–2026.

Aqua2N är en teknisk modul som säljs till reningsverk som behöver en lösning för att rena kväve och nå regelverkens krav på kvävehalter i utgående vatten och för att kunna koppla på fler användare. Ur denna process fås ammoniumsulfat. Det kan användas direkt i jordbruket eller säljas vidare till gödselmedelstillverkare och Yara och Lantmännen har visat intresse. Potentialen är 2 000 ton ammoniumsulfat per år, motsvarande 420 ton kväve, från en planerad anläggning med start år 2025. Potentialen i ett reningsverk beror på antalet anslutna personekvivalenter, och den totala potentialen över tid beror på hur många reningsverk som köper in tekniken. Det är i dagsläget inte känt vilket intresse som finns hos svenska reningsverken i stort.

Tidsperspektiv

För Ash2Phos finns två anläggningar i tillståndprocess, båda med en potential att producera 15 000 ton kalciumfosfat per år. Den ena ligger i Helsingborg i en befintlig byggnad som ägs av Kemira. Där sker en pågående tillståndprocess som är avgörande för om det blir någon produktion eller ej⁵³. Ges tillstånd hoppas EasyMining komma igång med produktionen senast till år 2026. Den andra anläggningen ligger i Tyskland med planerad produktionsstart år 2025 och är ett samarbete med Gelsenwasser som äger reningsverket och förbränner slammet. I Tyskland finns en lagstiftning på plats om att reningsverk av viss storlek måste återvinna fosfor vilket verkar kunna bidra till att tillståndprocessen går snabbare där.

När det gäller Aqua2N har EasyMining fått finansiering genom EU-Life för en demoanläggning för att demonstrera teknologin. Den har tidigare körts på lakvatten i Sverige men står nu i Köpenhamn och kör på rejektivatten från avloppsslam. Teknologin ska vara kommersialiserad till år 2023–2024.

Produktionsmetod och råvaror

Aqua2N är en metod som innebär att nya tekniska enheter implementeras i reningsverkets befintliga system för att fånga upp kväve med hjälp av en utfällningskemikalie som på så sätt separeras från avloppsvattnet. I ett andra steg hanteras infångat kväve i en konverteringsanläggning till ammoniumgödselmedel och medan utfällningskemikalierna tas om hand och återanvänds.

Ash2Phos-processen extraherar fosfor ur slamaska och kan då återvinna ca 90 % av mängden fosfor i avloppsvatten. Systemet är tänkt som en centraliserad Ash2Phos-anläggning som använder askor från monoförbränt avloppsslam från flera förbränningsanläggningar. Flera reningsverk kan i sin tur skicka sitt slam för att förbrännas på dessa anläggningar. Systemet innehåller då många reningsverk,

⁵³ <https://newsroom.ragnsells.se/posts/pressreleases/fosformalet-i-helsingborg-ragn-sells-overklag>

några få förbränningsanläggningar och en Ash2Phos anläggning, vilket minskar mängden långa transporter av tungt slam.

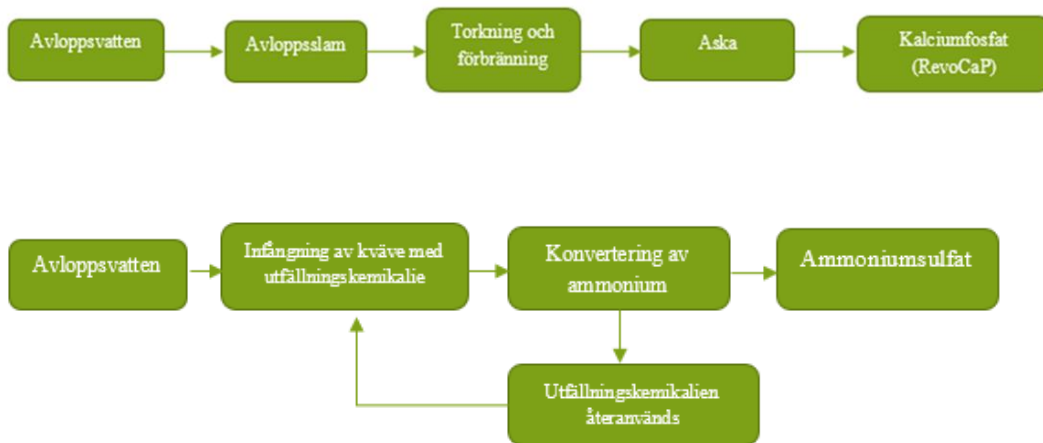
Det går att kombinera Aqua2N och Ash2Phos på samma reningsverk, genom att Aqua2N kopplas till reningsverket och behandlar rejektet från avvattnat slam medan det avvattnade slammet skickas till förbränning och slamaskan därefter till Ash2Phos.

Ekonomi och lönsamhet

Det senaste årets efterfrågan på EasyMinings fosfor har grundats i att det varit svårt att få tag på fosfor och att den råfosfat som varit tillgänglig från Marocko har innehållit högre halter av kadmium än den som tidigare kunnat importeras.

Miljö- och klimatpåverkan

Slamförbränning kan vara ett sätt att återföra näringsämnen i slam som inte uppfyller regelverket för spridning på åkermark. Vid förbränningen förstörs organiska miljögifter, patogener och mikroplaster. Kemisk återvinning har vidare fördelen att återstående tungmetaller som koncentrerats i askan kan avskiljas för att skapa ett rent gödselmedel, fritt från till exempel kadmium. Ytterligare en fördel med förbränning är att innehållet av fosfor koncentreras i askan vilket ökar möjligheten att skapa en resurseffektiv näringsåtervinning med mindre transporter. Vid förbränningen försvinner dock också organiskt material som är önskvärt i jordbruket.



Figur 8 Flödesscheman tekniker Easymining, RevoCaP kallas det färdiga gödselmedel som produceras från aska från avloppsslam

4.2.5 C-green

Resursflöde: Restflöden från pappersmassabruk

Potentiell produktion

C-green grundades 2015 och bygger sina egna anläggningar, kallade OxyPower HTC, som kan anslutas till reningsverk eller industrier. Produkten som kommer ut från processen kallas hydrokol och kan användas som biobränsle eller jordförbättringsmedel. Tekniken innebär i princip att kopiera naturens sätt att bryta ner komplexa organiska föreningar till kol, men på snabb tid och utan omfattande externt energibehov. Processen underlättar även för vidare återvinning av kväve och fosfor. I Finland har C-green ett utvecklingsprojekt med Stora Enso (Heinola) där bioslam från pappersbruk omvandlas till hydrokol. Detta är ett av flera resursflöden som tekniken kan användas på, och tekniken är ungefär densamma oavsett insatsmaterial men däremot kan näringsinnehållet skilja sig något åt. Hydrokol har framför allt ett högt kolinnehåll, men innehåller samtidigt både makro- och mikronäringsämnen.

Anläggningarna som C-green planerar har en standardkapacitet på 5000 ton torrs substans slam per år. Av 5000 ton torrs substans så blir 70–80 procent hydrokol. Det finns inga principiella hinder att bygga med större kapacitet. Anläggningen vid Stora Enso Heinola producerar 2 850 ton hydrokol per år, vilket enligt labbtester i C-greens laboratorium består av ca 1280 kol, 53 ton fosfor, 103 ton kväve och 3 ton kalium.

Tidsperspektiv

C-greens fullskaliga demonstrationsanläggning hos Stora Enso i Finland har varit i gång sedan 2019, och de går nu in i en industrialiseringsfas. Inom de närmsta 18 månaderna kommer bolaget sätta upp två nya anläggningar i Sverige tillsammans med Ragn-Sells och en annan aktör inom avfallshantering. Den första anläggningen, som placeras utanför Norrköping, kommer att hantera kommunalt avloppsslam och vara i drift 2023. C-green och Ragn-Sells, har vidare skrivit under ett samarbetsavtal med målet att etablera 8–10 C-green-anläggningar de närmaste åren⁵⁴. Detta gäller alltså olika resursflöden, och inte bara bioslam från pappersmassabruk. Nya sälj- och leveransprocesser är cirka 3-4 år långa.

Produktionsmetod och råvaror

C-green använder sig av tekniken HTC (hydrotermisk karbonisering) som omvandlar blött bioavfall till hydrokol. Insatsmaterialet till processen är i detta fall bioslam från skogsindustrin. Processen bygger på att slammet värms upp och därefter processas i en HTC-reaktor (tryckkokare). Därifrån fås två fraktioner varav

⁵⁴ <https://news.cision.com/se/c-green-ab/r/ragn-sells-och-c-green-samarbetar-kring-cirkular-slamhantering.c3700863>

den ena genomgår våtoxideration innan de förs samman igen. Därefter kyls de båda faserna ner och avvattnas mekaniskt för att få fram hydrokolet. Processen möjliggör även återvinning av fosfor och kväve, där kväve kan utvinnas genom ammoniumstripping på avvattningsrejektet och fosfor kan återvinnas ur askan efter att hydrokol använts som biobränsle. Om kvävet i det utgående processvattnet inte återvinns behöver kväve och organiska ämnen återföras och renas i anläggningen som slammet kommer ifrån.

Förutom råvaror så behövs el till driften, små mängder lut för gasrening samt rent vatten. Värme som naturligt produceras i processen återanvänds som energi.

Idag har företaget 8 patent beviljade och 2 till är inskickade. De söker främst patentskydd i de viktigaste länderna i Europa men också i USA, Brasilien, Japan, Kina och Indien.

Ekonomi och lönsamhet

Den viktigaste förutsättningen för att det ska vara lönsamt att ta in C-green teknik är kostnaden för slamkvittblivning. Beroende på anläggningens förutsättningar ligger gränsen för lönsamhet mellan 700 – 1000 kr/ton avvattnat slam. Det finns också andra drivkrafter för kunderna, så som minskad lukt från slam, minskat transportarbete och cirkulärt tänkande. Intresset för processen kan också påverkas av deponiförbud, krav på total sterilisering, krav på viss nivå av återvinning av kväve och fosfor samt att kolinnehållet ska utnyttjas utan att förbrännas.

C-green bedömer att kundintresset kommer att hålla dem sysselsatta i många år framöver. Men på grund av långa sälj- och leveransprocesser behöver de fokusera på flera marknader globalt. Intressanta marknader är industriländer med stora befolkningar, till exempel i Sydeuropa. Men kanske framför allt USA, som ligger flera år efter när det kommer till gröna industriprocesser och som just nu står inför beslutet om hur hanteringen av slam ska gå till. De planerar att bygga en fabrik i Centraleuropa där de ska tillverka sina HTC-anläggningar. Annars är den stora utmaningen kompetensförsörjning, och de hittar inte den kompetens de behöver enbart i Sverige, likt många andra tillväxtbolag inom liknande segment.

För lantbrukare har hydrokol flera fördelar jämfört med direkt spridning av slam. Hydrokolet har ungefär 80% mindre vikt/volym än slam vilket innebär minskade transporter samt gör det enklare att lagra. Hydrokolet är också stabilare i jord än slam. Hydrokol kan dock inte jämföras med mineralgödsel utifrån växttillgänglighet och användbarhet för lantbrukaren. Då behövs vidare förädling, så som beskrivs under avsnittet produktionsmetod ovan.

En annan konkurrerande teknik är pyrolys, men vid pyrolys kan inte kvävet i slammet återvinnas. Pyrolys leder också till bildning av NO_x.

Miljö- och klimatpåverkan

Tillverkning och användning av hydrokol har flera miljöeffekter. Till skillnad från slam innebär användandet av hydrokol minskad lukt samt eliminering av utsläpp av klimatgaser vid lagring av slam innan spridning. Hydrokolet är totalt steriliserat vilket tar bort risken för spridning av multiresistenta bakterier. Rejektvattnet som är rikt på kväve kan användas som bevattningsvatten, om det ingående slammet har låga halter av föroreningar, vilket skulle minska behovet av nytt dricksvatten.

Den el som används i processen kan ha olika miljöpåverkan beroende på var och hur den är tillverkad, detsamma gäller de små mängder lut som används. Hydrokolet i sin tur kan användas som biobränsle och spillvärme från processen kan utnyttjas som fjärrvärme eller i reningsverket, och minskar därmed energibehovet från andra källor.



Figur 9 Flödesschema teknik C-green

4.2.6 Cinis Fertilizer

Resursflöde: Restprodukter från industriproduktion

Potentiell produktion

Cinis Fertilizer, ett börsnoterat företag, planerar att återvinna natriumsulfat från pappersmassaindustrin och från elfordonsbatteritillverkning för att tillverka kaliumsulfat. Avfallet som utnyttjas är ESP-aska från pappersmassabruk respektive restsalter från tillverkningen av elbilsbatterier. En första anläggning placeras i Örnsköldsvik (pappersmassabruk), och en andra i Skellefteå (bilbatteritillverkning) där det finns ett avtal om samarbete med Northvolt. Processen är skalbar så till vida att om det finns närhet till en producent av insatsvaror så kan proportionellt många produktionslinor upprättas.

Slutprodukten är en färdig gödselråvara, kaliumsulfat eller SOP (Sulphate of Potash), som är ett vanligt förekommande vattenlösligt mineralgödsel. Målgruppen för kaliumsulfatet är främst klorokänsliga och högvärdiga grödor såsom jordgubbar, grönsaker, nötter, frukt och bär där kunden har möjlighet att betala för en dyrare råvara. Det är också vanligt att kaliumsulfatet blandas med kväve- och fosforgödsel i sammansatta NPK-gödsel som säljs till slutkund.

Produktionen i Örnsköldsvik kommer ge ca 100 000 ton kaliumsulfat per år från 2024. I nuläget är det planerat för hela produktionen att exporteras, den är redan såld till en holländsk gödselproducent, Van Iperen International, som tillverkar

färdiga gödselmedel av olika slag. De har dock distribution i Sverige så gödselmedel kan komma svenska lantbrukare till godo.

När full produktion är igång kommer hela Sveriges behov, samt en stor del av Europas behov, av kaliumsulfat till klorkänsliga grödor att kunna täckas av Cinis Fertilizers anläggningar. Efter Kina är Europa största konsumenten av kaliumsulfat och Europa konsumerade ca 1,2 miljoner ton kaliumsulfat under 2022 (17% av total konsumtion).

Tidsperspektiv

Vid Örnsköldsvik är markarbeten påbörjade och produktionen beräknas vara i gång första kvartalet 2024, innan dess behöver ett miljötillstånd komma på plats.

Produktion kommer utökas succesivt med 200 000 ton/år i Skellefteå och två till anläggningar i Sverige eller Norden på 300 000 ton vardera /år. När alla fabriker är igång kan de därmed totalt ge ca 900 000 ton kaliumsulfat per, vilket är beräknat till år 2028.

Produktionsmetod och råvaror

Ciniz Fertilizer uppger att tekniken är beprövad men exakt hur den fungerar går inte att säga på grund av patent. Grunden är den så kallade Mannheimprocessen, som används för att producera kaliumsulfat från kaliumklorid. Vissa patent handlar om insatsvaror och berör hur bilbatterifabrikens avfallsprodukter hanteras för att få rätt mineral, respektive hur restprodukten (aska) från massatillverkare som tidigare har deponerats ska hanteras.

Processen ger från båda resursflödena i ett första steg natriumsulfat. Ciniz Fertilizer köper in kaliumklorid (MOP) från en europeisk firma som sedan tillsammans med natriumsulfat blir kaliumsulfat. Med denna metod återvinns alltså inget kalium från inhemska källor. Kaliumklorid kan också användas direkt som gödselmedel eller insatsvara till andra gödselprodukter, och Ciniz konkurrerar därmed med annan användning av kaliumkloriden. När det gäller insatsvaror så finns långsiktiga avtal på plats för samtliga fabriker.

Processerna är energikrävande och ska använda fossilfri el från Norrbotten. Bolaget menar att deras process har en lägre produktionskostnad än traditionell produktion med Mannheimprocessen, bland annat på grund av att det förbrukas hälften så mycket energi. Det vatten som används i processen cirkuleras och återanvänds, vilket enligt företaget innebär att inget vatten förbrukas.

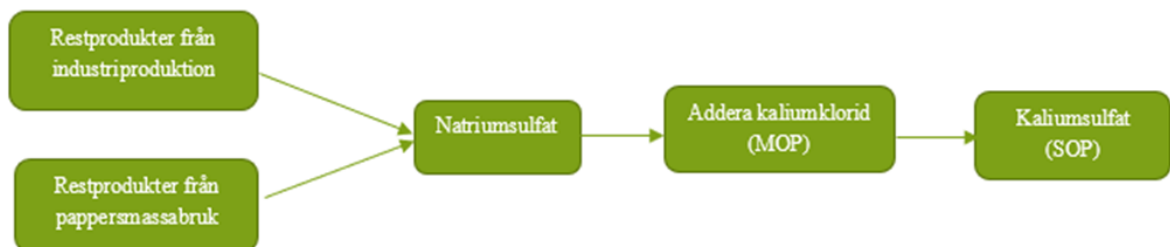
Ekonomi och lönsamhet

Investeringen i fabriken görs med egna pengar och lånade medel. Kassaflödet är tänkt att kunna täcka verksamheten i fabrik 3 och 4. Inköp av MOP är den största kostnadsposten, samt el, personal och kapital.

Främsta konkurrenter är Ryssland, Ukraina, Kina, Vitryssland. Enligt Cinis har Yara en annan typ av målgrupp vad gäller grödor. När det kommer till priset så sätter Cinis nivån baserat på en marknadsanalys plus en premie på ca 20%. Andra marknader än Sverige kommer i dagsläget att ha större efterfrågan, det finns inte så mycket högvärdiga grödor i Sverige som vinodling, äpple, avokado och nötter. Potatis och en del köksväxter kan behöva kaliumsulfat som källa. Om det uppstår ytterligare tryck inom det svenska lantbruket att minska klimatpåverkan genom att köpa kaliumgödselmedel producerad med fossilfri el, eller om andra skäl uppstår, skulle det eventuellt kunna bli aktuellt för företaget att tillverka, eller sälja vidare till andra producenter av, sammansatta gödselmedel med kaliumsulfat som råvara.

Miljö- och klimatpåverkan

En fördel för miljön är att industriavfall som annars deponeras eller sprids till vatten, tas om hand och att näring återförs till livsmedelsproduktion. Bolaget anser att den största miljöpåverkan sker under bygget av fabriken. Genom att använda fossilfri el ska processen ge ett begränsat klimatavtryck. Från fabriken uppstår inga utsläpp till luft eller vatten. Restprodukterna är natriumklorid, vanligt koksalt, och en begränsad mängd varmt vatten som kan recirkuleras eller användas till uppvärmning. Tillverkning och transport av insatsvaror bidrar dock till resursförbrukning och klimatpåverkan.



Figur 10 Flödesschema teknik Cinis Fertilizer

4.2.7 Översikt över de olika initiativens potential, tidshorisont, fördelar och nackdelar

Nedan följer tabeller som ger en översiktlig beskrivning av de djupstuderade initiativen uppdelade per näringsämne kväve, fosfor och kalium. Tabellerna är inte tänkta att utmåla något initiativ som bättre är något annat men att synliggöra olika för- och nackdelar som Ramboll har funnit. Kolumnerna i tabellerna är uppdelade utifrån analysens olika frågeställningar: färdig marknad (tänkt avsättning), behov av råvaror och energi samt självförsörjningsgrad (exv. import av tillsatsämnen), slutprodukten egenskaper, användbarhet för lantbrukare samt miljö- och klimatpåverkan.

Tabell 3: En översiktlig beskrivning av de djupstuderade initiativen med kväve som huvudsakligt näringsämne

Initiativ	N ton/år (när i tid)	Färdig marknad	Behov råvaror och energi	Slutprodukt	Användbarhet	Miljö och klimat
Group Fertiberia	0,5 milj. ton ammoniak, 1,2 milj. ton gödselmedel (2027–2028)	(+) Beprövad teknik (-) Slutprodukt ej definierad (-) Tillstånd ej klara (-) Annan avsättning för vätgas och ammoniak möjlig (än som gödselmedel)	(+) Tillgången till luftkväve i princip oändlig (-) Stora mängder förnybar el måste säkras	(-) Går ej att utvärdera näringsinnehåll i produkten i nuläget (+) Hur ammoniak tillverkas påverkar inte dess egenskaper i gödselmedel	(+) Lantmännen hjälper till att anpassa produkter till lantbrukets behov	(+) Ammoniak utan naturgas (-) Risk för läckage av ammoniak, dock mål om noll utsläpp
EkoBalans	2 000 ton sammansatt gödselmedel NPK 9:1:1, dvs. 180 ton kväve (2023) 40 000 ton produkt, dvs. 3600 ton kväve (2028)	(+) Byggnation av anläggning igång (+) Affärsmodell som även biogas-anläggning tjänar på (+) Stor potential att skala upp, flera avtal på gång	(+) Mängden tillgänglig rötrest kommer öka (+) Lågt energibehov, främst till torkning (-) Hjälpkemikalier eftertraktade inom annan kemiindustri	(+) Bättre näringsammansättning än biogödsel (+) Innehåller mikronäringsämnen och biologiskt material (-) Tillförs inte ny näring till jordbruket jämfört med biogödsel	(+) Minskad markpackning (+) Pellets går att sprida med befintliga maskiner (+) Ökar multhalten (-) Kväve både i organisk och organisk form	(+) Minskat transportbehov jmf. flytgödsel (-) Vissa utmaningar med acceptans för flockningsmedel
EasyMining	2 000 ton ammoniumsulfat = 420 ton kväve (2025)	(-) Reningsverk behöver köpa tekniken (-) Slutprodukt ej definierad (-) Avsättning oklar men Yara och Lantmännen visat intresse	(+) Stor mängd näringsämnen i resursflödet (+) Kan återanvända utfällningskemikalier	(+) Ammoniumsulfat kan användas som råvara i sammansatta gödselmedel	(-) Är försurande, bör ej användas direkt på redan sura jordar (+) Tillför svavel	(+) Utsläpp till recipient från reningsverk minskar till nära noll

Tabell 4: En översiktlig beskrivning av de djupstuderade initiativen med fosfor som huvudsakligt näringsämne

Initiativ	P ton/år (när i tid)	Färdig marknad	Behov råvaror och energi	Slutprodukt	Användbarhet	Miljö och klimat
LKAB	100 000 ton fosforsyra, 400 000 ton sammansatta gödselmedel (2027)	(-) Endast förstudiefas (-) Slutprodukt ej definierad (+) Både fosforsyra och MAP/DAP har hög efterfrågan (-) Energi-försörjning ej säkerställd	(+) Tillgång till stora mängder apatit (+) Fler fyndigheter kan säkra tillgång på lång sikt (+) Saltsyra går att återanvända	(+) Likvärdig med mineralgödsel	(+) Ingen skillnad för jordbruket	(+) Mindre kadmium-innehåll jämfört med råfosfat
EasyMining	15 000 ton kalciumfosfat 2 600 ton fosfor (2025–2026)	(-) Tillstånd ej klara, nekats två gånger (-) Inte krav på reningsverk att ta omhand fosfor idag, dock krävs stora volymer för lönsamhet	(+) Flera gånger högre halt fosfor i slam än i bergmaterial (+) Central anläggning som kan ta emot slamaska från flera reningsverk	(+) Kan användas för att tillverka fosforsyra	(+) Ingen skillnad för jordbruket	(+) Ersätter jungfruligt material (+) Avskiljer giftiga ämnen och tungmetaller som kadmium
C-green	3 000 ton TS hydrokol med ca 45% kol, 100 ton N, 50 ton P och 3 ton K (2022)	(+) Fullskalig demonstrationsanläggning i gång (+) Avtal om fler anläggningar (-) Kräver att bruken ser lönsamhet	(+) Stora mängder bioslam tillgängligt	(-) Främst jordförbättringsmedel, ej jämförbart med mineralgödsel (+) Mer användbara fraktioner av fosfor och kväve kan utvinnas ur processen	(-) Hydrokol ej gödsel (?) Beror på vilka produkter till jordbruket som skapas om näringen vidareförädlas	(+) Återvinner näring istället för att slammet förbränns

Tabell 5: En översiktlig beskrivning av djupstuderade initiativ med kalium som huvudsakligt näringsämne

Initiativ	K ton/år (när i tid)	Färdig marknad	Behov råvaror och energi	Slutprodukt	Användbarhet	Miljö och klimat
Cinis Fertilizer	100 000 ton kaliumsulfat (2024) 900 000 ton kaliumsulfat (2028)	(+) Markarbeten igång (+) Avsättning färdig, ska dock säljas utomlands (-) Miljötillstånd ej på plats	(+) Stora mängder natriumsulfat tillgängligt (-) Råvaran kaliumklorid kan användas som kaliumgödselmedel eller för att göra NPK-gödsel (-) Avtal om att använda	(+) Likvärdig med mineralgödsel (-) Återvinner inget kalium från inhemska flöden	(-) Riktar sig mot specialgrödor, inte anpassad för den svenska marknaden	(+) Utnyttjar material i restprodukter (+) Lågt klimatavtryck jämfört med traditionell produktion

Initiativ	K ton/år (när i tid)	Färdig marknad	Behov råvaror och energi	Slutprodukt	Använd- barhet	Miljö och klimat
			importerad kaliumklorid			

5 Slutsatser

Ramboll har under arbetet med kartläggningen funnit ett femtontal initiativ inom åtta olika resursflöden som på olika sätt skulle kunna bidra till att stärka eller utveckla en inhemsk gödselmedelsproduktion. Gemensamt för alla initiativ är att de behöver olika tillstånd, men att de kan ha olika svårt att få dessa beviljade. Exempelvis har EasyMining nekats tillstånd för sin Ash2Phos-anläggning i Helsingborg vid två tillfällen. Möjligheten att få miljötillstånd för produktionen är potentiellt en begränsande faktor för att flera av initiativen ska kunna realiseras inom en tioårsperiod. För initiativen inte de till tillstånd de behöver blir det således ingen inhemsk gödselmedelsproduktion.

Tillgången på el i Sverige, fossilfri el och priset på el kan begränsa flera av möjligheterna till inhemsk gödselmedelsproduktion. Det är inte förutbestämt vilka industriella projekt som kan få tillgång till den fossilfria el som produceras, då det samtidigt kommer att vara många stora initiativ som behöver el.

Att förädla restprodukter på ett hållbart sätt kräver att lagstiftningen gynnar vissa av de här initiativens affärsidéer. När det gäller vissa flöden är bedömningar om avfall upphört att vara avfall centrala. Bedömningar beträffande om avfall upphört att vara avfall genomförs av tillsynsmyndigheter med varierande erfarenhet, sakkunskap och inställning och utan att det finns en gemensam bedömningsgrund, dvs. varje tillsynsmyndighet måste tolka miljöbalkens kriterier och fatta ett beslut utifrån det. Detta kan medföra att olika bedömningar av samma avfallsfraktioner görs beroende på var i landet verksamhetsutövaren befinner sig. För att undvika detta och för att skapa en större marknad för cirkulära näringsämnen så kan EU-gemensamma eller nationella EoW kriterier vara en väg framåt då det skulle skapa en tydlighet både för verksamhetsutövare och myndigheter.

5.1 Initiativ med stor potential

Några av initiativen är mycket stora vad gäller framtida potential, såsom fosfor från restprodukter från gruvindustrin, vätgasproduktion och användning av restprodukter från industriproduktion. Två av initiativen (LKAB och Group Fertiberia) skulle teoretiskt sett kunna tillgodose det svenska behovet av kväve och fosfor. Dessutom har själva resursflödena, oavsett om det idag finns initiativ, en mycket stor potential (gruvavfall) eller närmast oändlig potential (vätgasproduktion). Det finns dessutom två andra initiativ som skulle kunna bidra inom kväveproduktion, dels det sekretessbelagda initiativet inom kväve från vätgastillverkning, dels NitroCapt, ett innovativt företag inom fixering av kväve från luft. De nämnda företagen strävar efter så mycket förnybara insatsvaror som möjligt i sina processer. De olika initiativen förutsätter dock att de stora mängderna fossilfri el som efterfrågas kan tillgodoses från elnätet. Dessutom krävs miljötillstånd som i vissa fall kan vara svåra att erhålla.

Vad gäller kalium tar Cinis Fertilizer vara på natriumsulfat från batteritillverkning men importerar kaliumklorid som skulle kunna användas direkt i lantbruket. Slutprodukten kaliumsulfat används för specialiserade klorkänsliga grödor – i Sverige kan det passa för exempelvis potatis och jordgubbar – och kommer inledningsvis att säljas utomlands.

5.2 Initiativ som kan vara skalbara

Tre andra initiativ som också har djupstuderats har sina ursprung i resursflödena restflöden från pappersmassabruk, avloppsvatten och rötresten från biogasanläggningar. Dessa initiativ har tekniker för att ta tillvara näringsämnen i bioslam (C-green), innehåll i rejektvatten och förbränt slam (EasyMining) samt avvattnat och torkat rötslam (EkoBalans). Om sådana initiativ återupprepas på många ställen kan det under vissa förutsättningar skapa betydande volymer.

Flera initiativ satsar på att sälja sin teknik till reningsverk. För att dessa ska bli skalbara bygger det på att reningsverken ska besluta sig för att göra den investeringen. Oavsett hur bra och användbara produkter som kan tillhandahållas för lantbruket, är det alltså inte säkert att det kommer framställas några gödselmedel från detta resursflöde. Det är inte självklart att de ska göra investeringen, det beror på hur deras uppdrag utformas framöver. Reningsverkens uppdrag är i nuläget att rena inkommande avloppsvatten från kväve och fosfor så att de inte ska hamna i recipienten, inte på att man vill producera gödselmedel. Kostnaden behöver vara motiverad ur reningsverkets perspektiv. Rambolls bedömning är att förändringar kring reningsverkens uppdrag kommer att påverka vilken potential som initiativen har och hur skalbara de blir.

En del av de resursflöden som representeras av andra initiativ i Rambolls bruttolista har en mindre potential men utgör ofta intressanta sätt att skapa värde ur restprodukter. Ramboll rekommenderar att Jordbruksverket även följer dessa initiativ för att se hur de utvecklas, exempelvis näringsämnen från marina produkter.

5.3 En starkare värdekedja kan skapas

De företag som studerats har i viss mån grupperat sig i konstellationer som konkurrerar mer än de samverkar. Ramboll bedömer att det finns flera möjligheter att köpa insatsvara från ett initiativ och sedan förädla den i ett annat, i stället för att importera. EasyMining kunde exempelvis sälja kaliumklorid utvunnet från inhemska resursflöden till Cinis Fertilizer som sedan kunde sälja kaliumsulfat till bland annat Ekoväx. Att samordna initiativ skulle kunna skapa starka och konkurrenskraftiga värdekedjor inom gödselmedelsproduktion.

Referenser

Litteratur

Avfall Sverige, 2022. Svensk Avfallshantering 2021

Baresel, C., 2022. Återvinning och återanvändning av resurser från avloppsströmmar. Delsyntes: NÄRING. IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Brownlie et al., 2022. Our Phosphorus Future. UK Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh. doi: 10.13140/RG.2.2.17834.08645

Cinis Fertilizer AB, 2022. Inbjudan till förvärv av aktier i Cinis Fertilizer AB.

Ekoväx. (u.d.). Agropellets. Hämtat från <https://ekovax.se/sortiment/godsel/agropellets/>

Energiforsk, 2015. Biokol från bioslam – Pilotförsök. Bränslebaserad el- och värmeproduktion. Rapport 2015:218

Gyllebo Gödning. (u.d.). Gyllebo Gödning. Hämtat från Om oss: <https://gyllebogodning.se/om-oss/>

IVL, 2020. Konsekvensbeskrivning av framtida slamhantering och fosforåtervinning. På uppdrag av Utredningen Giftfri och cirkulär återföring av fosfor från avloppsslam, M 2018:08

Jönsson, H., 2019. Fosfor, kväve, kalium och svavel – tillgång, sårbarhet och återvinning från avlopp. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. (Energi och teknik, 105).

Möller, 2015. Assessment of Alternative Phosphorus Fertilizers for Organic Farming: Meat and Bone meal.IMPROVE-P.

Nilsson, 2018. Produktion av högkvalitativa gödselmedel baserade på rötrest. BioGas2020.

Olausson Törmä, L., 2020. Optimering av slamavvattning vid pappersbruk. Luleå Tekniska Universitet

RISE, 2019. Tekniska processer för fosforåtervinning ur avloppsslam. Rapport 2019:59

SCB, 2022. Utsläpp till vatten och slamproduktion 2020. Kommunala avloppsreningsverk, massa- och pappersindustri samt viss övrig industri. Statistiska meddelanden. MI 22 SM 2201

Sinha, R., Thomas, J. B., Strand, Å., Söderqvist, T., Stadmark, J., Franzen, F., ... & Hasselström, L., 2022. Quantifying nutrient recovery by element flow analysis: Harvest and use of seven marine biomasses to close N and P loops. *Resources, Conservation and Recycling*, 178, 106031.

Statens offentliga utredningar, 2021. Vägen mot fossiloberoende jordbruk. Regeringskansliet, Stockholm.

SVU, 2022. Återvinning av näringsämnen från avlopp – En litteraturstudie. Rapport 2022-6.

Personlig kommunikation

Representant från Biototal. (2022).

Representant från C-green. (2023).

Representant från DiaPure. (2022).

Representant från EasyMining. (2022).

Representant från Ekobalans. (2023).

Representant från Group Fertiberia. (2023).

Representant från Gyllebo Gödning. (2023).

Representant från INITIATIVE. (2022).

Representant från LKAB. (2023).

Representant från NitroCapt. (2022).

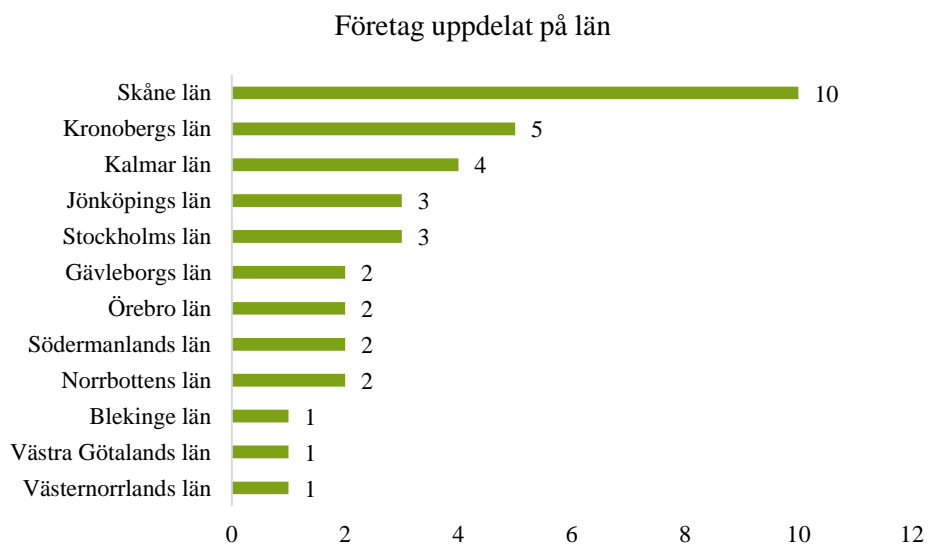
Representant från Sanitation 360. (2022).

Representant från KTH. (2022)

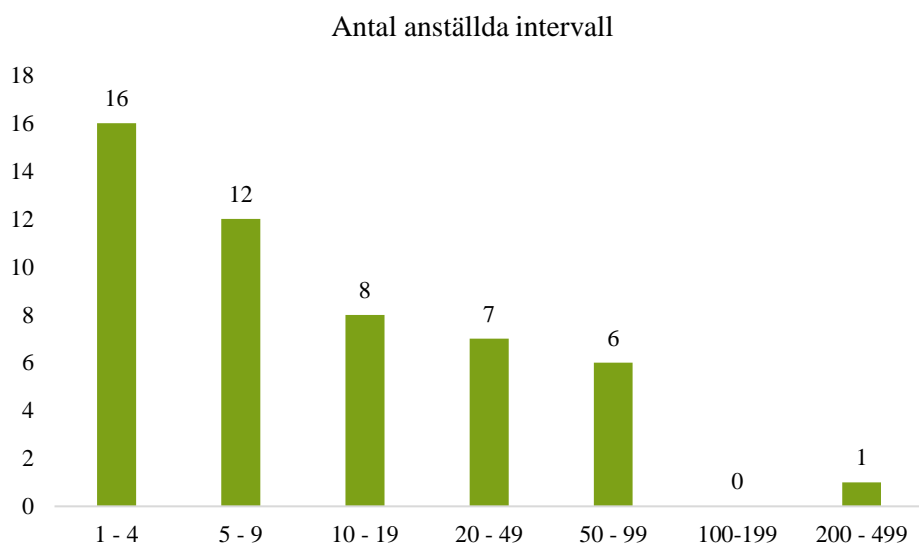
Annex 1: Företagsanalys

Utifrån de senaste årsredovisningarna (2021) har vi i SNI 20 150 gjort ett urval där vi endast inkluderar aktiva aktiebolag som har mer än en anställd och som omsätter minst 100 tkr/år. Detta blir sammanlagt 36 företag.

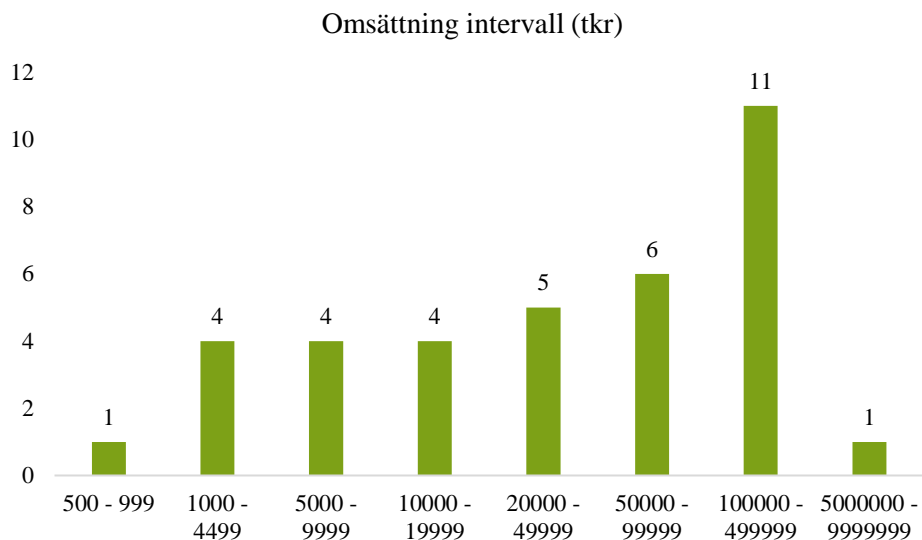
Merparten av företagen finns i Skåne län men det finns en spridning över stora delar av landet. Över 75 % av företagen har mellan 1–9 anställda. Omsättningen varierar men flest företag, 11, omsätter mellan 100 000 – 499 999 tkr.



Figur 11 Antal företag per län



Figur 12 Antal anställda intervall



Figur 13 Omsättning i intervall /tkr)

De 12 företag som år 2021 omsatte över 100 miljoner beskrivs nedan i tabell 6. Fler av företagen producerar trädgårdsprodukter som jord och naturgödsel. Det ingår även flera företag som producerar torv och alkoholer och kemikalier.

Tabell 6: Stora företag inom SNI-kod 20150

Namn	Omsättning (tkr) 2021	Kort beskrivning
Hummeltorp Sverige AB	100 299	Återvinner schaktmassor och jord som blir nya produkter
Rodenåkarna AB	134 887	Erbjuder tjänster och produkter inom transporter, återvinning, grus, jord och kross samt containeruthyrning. Dotterbolag till Norrtälje Lastbilscentral.
Kemetyl Aktiebolag	314 465	En av Europas största producenter av tekniska alkoholer. Konsumentprodukter inom bilvård, hem och trädgård, exempelvis T-röd.
Skånes Fagerhults Garden AB	124 192	Skördar och förädlar torv
Yara AB	5 067 724	Producerar växtnäring, Yara har en global position som ledande leverantör av kvävebaserade mineralgödselmedel och industriprodukter
Arom-Dekor Kemi AB	327 855	Totalleverantör av det kväveoxidreducerande AdBlue® och andra fordonskemikalier till den nordiska transportsektorn, ser inte ut att leverera växtnäring.
Hasselfors Garden AB	422 203	Hasselfors Garden har jordar för alla typer av odlingar, gräsmatta och plantage. Hasselfors Garden AB är en del Kekkilä Group från finska Vapo-koncernen. De är den största aktören i

Namn	Omsättning (tkr) 2021	Kort beskrivning
		Östersjöregionen och verkar till stor del inom trädgård och miljö.
NEOVA Aktiebolag	286 341	Efterbehandling av torvtäcker. Med ett produktsortiment av torv tillgodoser Neova en betydande del av den svenska marknadens behov av växt- och energitorv. Neova Ab är ett dotterbolag till finska Neova Oy.
Rölunda Produkter Aktiebolag	258 432	Tillverkar främst jord - & gödselprodukter. Många av deras jordar är naturgödslade. Rölunda tillverkar även Ånglamark jord- & gödselprodukter.
Econova Garden AB	412 178	Econova Garden tillverkar, marknadsför och säljer miljöanpassade trädgårdsprodukter i Sverige, Danmark och Norge.
Swed Handling AB	451 609	Swed Handling är kemikaliedistributör av flytande och fasta kemikalier till industri, kommun, landsting och färggross.
Södra Århults Torv Aktiebolag	102 469	Producerar jord, gödsel och torv

Annex 2: Referenser till tabeller

Tabell 7: Referenser till bruttolistan. För information, se kapitel 3

Initiativ	Beskrivning	Näringsprodukt och uppskattade potentialer	Realisering/kommersialisering
Biototal	(Representant från Biototal, 2022)	(Representant från Biototal, 2022)	(Representant från Biototal, 2022)
DiaPure	(Representant från DiaPure, 2022)	(Representant från DiaPure, 2022)	(Representant från DiaPure, 2022)
Gyllebo Gödning	(Representant från Gyllebo Gödning, 2023)	(Representant från Gyllebo Gödning, 2023)	(Gyllebo Gödning, u.d.)
Ekobalans	(Representant från Ekobalans, 2023)	(Representant från Ekobalans, 2023)	(Representant från Ekobalans, 2023)
Ekoväx	(Representant från Ekobalans, 2023)	(Ekoväx, u.d.)	(Representant från Ekobalans, 2023)
C-green	(Representant från C-green, 2023)	(Representant från C-green, 2023)	(Representant från C-green, 2023)
Easymining: Ash2Salt	(Representant från EasyMining, 2022)	(Representant från EasyMining, 2022)	(Representant från EasyMining, 2022)
NitroCapt	(Representant från NitroCapt, 2022)	(Representant från NitroCapt, 2022)	(Representant från NitroCapt, 2022)
Sanitation 360	(Representant från Sanitation 360, 2022)	(Representant från Sanitation 360, 2022)	(Representant från Sanitation 360, 2022)
Cinis Fertilizer	(Cinis Fertilizer AB, 2022)	(Cinis Fertilizer AB, 2022)	(Cinis Fertilizer AB, 2022)
Easymining: Aqua2N	(Representant från EasyMining, 2022)	(Representant från EasyMining, 2022)	(Representant från EasyMining, 2022)
Easymining: Ash2Phos	(Representant från EasyMining, 2022)	(Representant från EasyMining, 2022)	(Representant från EasyMining, 2022)
LKAB	(Representant från LKAB, 2023)	(Representant från LKAB, 2023)	(Representant från LKAB, 2023)
Group Fertiberia	(Representant från Group Fertiberia, 2023)	(Representant från Group Fertiberia, 2023)	(Representant från Group Fertiberia, 2023)
INITIATE	(Representant från INITIATIVE, 2022)	(Representant från INITIATIVE, 2022)	(Representant från INITIATIVE, 2022)

Bilaga 3

Att säkra tillgången på gödselmedel för svenska lantbrukare: En översikt av initiativ i EU, Norge och Storbritannien

- I den här rapporten presenterar vi resultatet av en kartläggning av tekniker för gödselmedelproduktion som är under utveckling i Europa, Norge och Storbritannien.
- Totalt har 42 initiativ identifierats, majoriteten inom resursflödet avloppsvatten och med särskilt fokus på fosfor som huvudnäringsämne.
- Vissa av teknikerna har potential för att implementeras i Sverige och därmed bidra till en säker tillgång av mineralgödselmedel.

I den här rapporten identifierar och beskriver Ramboll tekniker som är under utveckling i EU, Norge och Storbritannien och som i framtiden kan stötta det svenska lantbruket med gödseltillgång genom att implementeras i Sverige. Rapporten består av en översiktlig kartläggning och beskriver ett urval av tekniker. Uppdraget är en del av Jordbruksverkets regeringsuppdrag som innebär att analysera nuvarande kapacitet och förutsättningar för inhemsk gödselmedelsproduktion samt framtida tillgång på växtnäring för svenska grödor.

Författare

Anna Bylund, Sofia Nyström och Sara Snöbohm

Ramboll

Sammanfattning

Den här rapporten är en kartläggning av tekniker för gödselmedeltillverkning som är under utveckling i Europa, Norge och Storbritannien. Syftet är att identifiera tekniker som är intressanta utifrån en svensk kontext och beskriva ett par av dessa utifrån relevanta näringsämnen, typ av teknik, insatsvara och planer för spridning till andra länder och särskilt Sverige.

42 identifierade initiativ

Vi har identifierat 42 initiativ av tekniker, vissa av dessa kan i framtiden användas för produktion av gödselmedel i Sverige. För att de identifierade teknikerna ska inkluderas i utbudet av inhemskt tillverkade mineralgödselmedel krävs dock företag som är villiga att implementera tekniken på den svenska marknaden, tillgängliga råvaror inom det relevanta resursflödet, samt företag som är villiga att producera gödselmedel som slutprodukt. Endast ett fåtal företag säger sig kunna exportera färdiga gödselprodukter till Sverige.

Fosfor är det mest förekommande näringsämnet

Fosfor är det vanligaste näringsämnet som utvinns med hjälp av teknikerna som kartlagts. Makronäringsämnen är generellt vanligare än mikronäringsämnen, men det är troligt att flera tekniker som listas i rapporten kan resultera i en produkt som innehåller mikronäringsämnen utan att detta har uppmärksammats.

Svårt att nysta i miljöpåverkan

Många företag utvecklar en teknik som kan och bör använda sig av fossilfri energi för en mer miljövänlig tillverkning av gödselmedel. Dock saknas mycket information om teknikernas samlade miljöpåverkan, exempelvis är information om processkemikalier begränsad.

Summary

This report is a mapping of techniques under development in Europe, Norway, and the United Kingdom. The purpose is to identify techniques that are interesting from a Swedish context and describe a couple of them based on relevant nutrients, type of technology, input material, and plans for dissemination to other countries and especially Sweden.

42 identified initiatives

We have identified 42 initiatives of techniques, some of which may be used in the future to produce fertilizers in Sweden. However, for the identified technologies to result in an increased supply of domestically produced mineral fertilizers, companies willing to implement the technology in the Swedish market, available raw materials within the relevant resource flow, and companies willing to produce fertilizers as the final product are required. Only a few companies claim to be able to export finished fertilizer products to Sweden.

Phosphorus is the most common nutrient

Phosphorus is the most common nutrient extracted using the mapped techniques. Macro-nutrients are generally more common than micro-nutrients, but it is likely that several techniques listed in the report can result in a product containing micro-nutrients without this having been noted.

Difficult to unravel environmental impact

Many companies are developing technologies that can and should use fossil-free energy for a more environmentally friendly production of fertilizers. However, much information is lacking about the collective environmental impact of the technologies, for example, information on process chemicals is limited.

1 Inledning

Ramboll har fått i uppdrag att kartlägga möjligheter för teknik- och produktimport från EU, Norge och Storbritannien som har förutsättning att bidra med kväve (N), fosfor (P), kalium (K) och svavel (S) samt mikronäringsämnen (i första hand bor (B) och mangan (Mn)) till svenskt lantbruk inom en tioårsperiod. Uppdraget ska bidra med ett kartlägningsunderlag inför fortsatta analyser kring lantbrukets tillgång på gödselmedel och hur den kan säkras i perioder av osäkerhet. Två andra kartläggningar kompletterar den här. Dels en kartläggning av initiativ för inhemsk mineralgödselproduktion (fortsättningsvis den nationella kartläggningen), dels ett kunskapsunderlag framtaget av Jordbruksverket (Bilaga 1 i Jordbruksverkets rapport). Den här och den nationella kartläggningen genomförs av Ramboll på uppdrag av Jordbruksverket.

Rambolls uppdrag omfattar att identifiera och beskriva initiativ, en analys av marknaden eller efterfrågan omfattas inte av den här rapporten. För att den här rapporten ska vara möjlig att läsa separat från de andra två rapporterna har vi inkluderat en kort beskrivande del om relevanta näringsämnen och gödselmarknaden i kapitel 2. För en mer omfattande analys av gödselmarknaden på nationell, europeisk och global nivå samt för en analys av efterfrågan på mineralgödselmedel hänvisas till Jordbruksverkets kunskapsunderlag.

1.1 Kartläggningens omfattning och avgränsningar

Som nämns ovan omfattar kartläggningen möjligheter för teknik- och produktimport från EU, Norge och Storbritannien som har förutsättning att bidra med kväve, fosfor, kalium och svavel samt mikronäringsämnen (i första hand bor och mangan) till svenskt lantbruk inom en tioårsperiod.

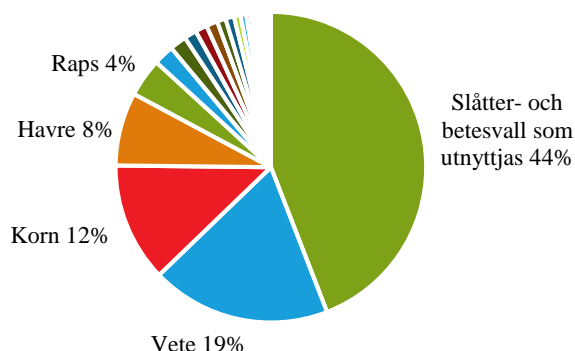
Kartläggningen fokuserar i första hand på tekniker som utvecklas i EU, Norge eller Storbritannien som kan implementeras i Sverige, och i andra hand på import av produkter. Kartläggningen omfattar inte stallgödsel om det inte gäller vidareförädling och större volymer.

Huruvida en teknik eller produkt är intressant beror framför allt på om det finns förutsättningar för den i Sverige, exempelvis utifrån nuvarande reglering, och om slutprodukten är relevant för det svenska lantbruket.

Ett exempel på en teknik som kan vara svår att importera till Sverige är tekniker som bygger på en struvit-metod kopplad till avloppsvatten då denna typ av teknik inte fungerar bra vid kemisk fosforfällning, vilket är den vanligaste metoden för fosforfällning vid avloppsreningsverken i Sverige.

Olika gödselmedel är anpassade till olika grödor. Det innebär att alla gödselmedel inte är tilltänkta för det svenska lantbruket, men de grundläggande näringsämnen

är desamma. I Sverige odlas framför allt vall och spannmål som vete och korn, havre, raps etcetera, se Figur 1. Gödselmedel som är anpassade till grödor som vin, avokado eller tomat är mer lämpade för marknader i andra geografiska



Figur 1: Jordbruksmarkens användning i procent efter gröda

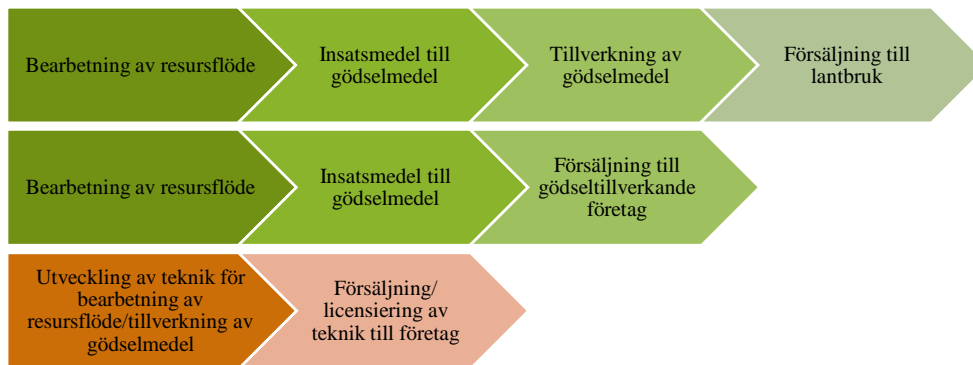
områden. En mer detaljerad beskrivning av dagens gödselanvändning och efterfrågan på olika typer av gödsel finns i [Jordbruksverkets bakgrundsrapport](#).

Källa: SCB

I kartläggningens första fas inkluderas samtliga tekniker, oavsett förutsättningar i Sverige, men i den andra fasen, den fördjupade kartläggningen, inkluderas endast tekniker och produkter som anses vara implementerbara i Sverige inom en snar framtid. Det innebär exempelvis att det inte krävs omfattande regelförändringar eller en förändring i odlingsportföljen för att tekniken eller produkten ska vara möjlig eller lönsam att importera.

1.2 Kartläggningens utmaningar

Flera av de identifierade initiativen i den nationella kartläggningen och i den här kartläggningen är ännu under utveckling och har olika långt kvar till kommersialisering. Det innebär att information om vilken slutprodukt ett specifikt initiativ kommer att resultera i ofta inte är tillgänglig. Många företag arbetar fortfarande med att besluta om var i värdekedjan deras involvering avslutas. De kan exempelvis välja mellan att utveckla en egen gödselprodukt eller att sälja insatsvaran till ett gödseltillverkande företag vilket illustreras i de två övre värdekedjorna i Figur 2. Den nedre värdekedjan illustrerar de företag som utvecklar en teknik antingen för bearbetning av ett resursflöde eller för tillverkning av ett gödselmedel för att sedan licensiera ut tekniken. Det finns också företag som utvecklar nya tekniker med syfte att applicera den själva.



Figur 2: Flera initiativ har ännu inte beslutat om i vilket skede de lämnar värdekedjan

Den här variationen innebär att kartläggningen fokuserar på mängden näringsämne som en teknik förväntas kunna resultera i snarare än mängden färdig gödselmedelsprodukt. Majoriteten av de initiativ som identifieras i den här kartläggningen är företag som fokuserar på att utveckla nya tekniker, ofta med syfte att licensera ut den eller sälja den till andra företag.

Vissa företag som utvecklar nya tekniker har sedan tidigare andra produktionsströmmar. Det är inte säkert hur det totala utbudet av gödselmedel påverkas av den nya tekniken. Visa företag kan välja att helt gå över till den nya tekniken, vilket kan innebära att deras nettoflöde förblir detsamma, medan andra kan välja att expandera till den nya tekniken, vilket innebär att deras nettoflöde utökas.

2 Marknaden för mineralgödsel

I kapitlet nedan ges en kortfattad och översiktlig inflygning till den svenska och europeiska marknaden för mineralgödsel. Kapitlet är en sammanfattning av information som återfinns i Jordbruksverkets kunskapsunderlag i bilaga 1 till Jordbruksverkets rapport. Källor anges endast om informationen inte återges i Jordbruksverkets kunskapsunderlag.

2.1 Marknaden segmenteras efter olika produkttyper

Den europeiska marknaden för mineralgödsel är segmenterad efter produkttyp i makronäringsämnen kväve (N), fosfor (P) och kalium (K)⁵⁵. Kväve är en beståndsdel i aminosyror, proteiner, nukleinsyror och enzymer. Kväve hjälper till att reglera tillväxten och utvecklingen av växterna, och avsaknad av kväve leder till en avstannad syntes av klorofyll. (Jordbruksverket, 2003) Fosfor är viktigt för fotosyntesen eftersom det är en beståndsdel i adenosintrifosfat, den huvudsakliga molekylen som växterna använder för att lagra och överföra energi. Dessutom stärker fosfor rottillväxten samt utvecklingen av frön och frukt. Kalium reglerar vattenbalansen i växterna, ökar motståndskraften mot sjukdomar och skadedjur, samt förbättrar fotosyntesen. (Jordbruksverket, 2022)

Växter behöver även mikronäringsämnen som bidrar till tillväxt och utveckling. Järn (Fe), zink (Zn), Mn, B, koppar (Cu), molybden (Mo) och klor (Cl) är alla nödvändiga för att växterna ska kunna utföra olika biologiska processer, exempelvis fotosyntes och utvecklandet av protein i växten. (Jordbruksverket, 2003)

Växternas tillväxt och utveckling kan påverkas negativt om de saknar viktiga makro- och mikronäringsämnen, och det kan också leda till sämre skördar och färre produktiva växter. (Jordbruksverket, 2003)

2.2 Sveriges import och försäljning av gödselmedel

Sveriges användning av mineralgödselmedel utgörs i dagsläget helt och hållet av importerad gödsel på grund av avsaknaden av inhemsk produktion. Den svenska

⁵⁵ Marknaden delas också in efter olika typer av odling eftersom kraven på och behovet av gödselmedel skiljer sig mellan dem. Lantbruksodling inkluderar grödor som är vanliga i Sverige, exempelvis vete, raps och potatis. Trädgårdsodling förekommer också i Sverige men i mindre utsträckning och inkluderar grödor som frukt, bär, grönsaker och kryddor. Dessutom finns gödselmedel som används i skogsbruket (olika träsorter som tall, gran etcetera), och gödselmedel som används till exempelvis golfbanor och parker (gräsmattor, prydnadsblommor). Den här kartläggningen fokuserar på gödselmedel till lantbruksodling i första hand och trädgårdsodling enligt ovan definition i andra hand.

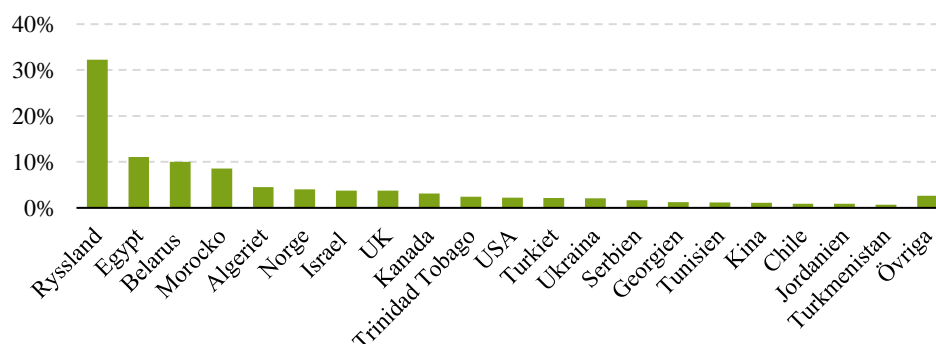
importen av gödselmedel kommer till största del från andra EU-länder samt Ryssland och Belarus.

Under den senaste tioårsperioden har nettoimporten till Sverige av organiska gödselmedel och mineralgödsel varit i genomsnitt ca 750 000 ton per år. Majoriteten av importen består av enkla kvävegödselmedel och sammansatta gödselmedel av kväve, fosfor och kalium (NPK). Enkla kvävegödselmedel utgjorde ca 50 procent av den totala nettoimporten under den senaste tioårsperioden medan sammansatta gödselmedel utgjorde ca 46 procent. Resterande ca fyra procent var organiska gödselmedel.

2.3 EU:s import av gödselmedel

EU importerade i genomsnitt drygt 17 miljoner ton gödselmedel per år under perioden 2017–2021. Störst import skedde till Frankrike, Spanien, Polen, Belgien och Italien.

Ryssland och Egypten är de länder som exporterar mest kväve till EU medan fosfor i huvudsak importeras från Marocko och Israel. Importen av kalium sker till största delen ifrån Belarus, Ryssland och Kanada. Organiska gödselmedel importeras främst ifrån Storbritannien men även ifrån Indien, Schweiz och Kina. Importen av sammansatta gödselmedel sker i huvudsak ifrån Ryssland och Marocko. Figur 3 visar den sammanlagda exporten till EU från exporterande länder.



Figur 3 Länder som exporterade gödselmedel till EU under åren 2017–2021

Källa: Jordbruksverkets kunskapsunderlag

Enligt en prognos från branchorganisationen Fertilizers Europe (2021) förväntas användningen av mineralgödsel i EU att minska under kommande tioårsperiod. Denna bedömning görs utifrån skärpningen av EU:s miljöregelverk som förväntas begränsa produktivitetstillväxten framöver. EU:s politiska prioriteringar anses vara utmanande för jordbrukssektorn som helhet, inklusive lantbrukares användning av gödselmedel.

2.4 Gödselpriser på historiskt höga nivåer

De svenska gödselmedelspriserna befinner sig på historiskt höga nivåer och toppade under våren 2022. Som beskrivs i Jordbruksverkets kunskpsundelag steg även indexserien för avräkningspriser för spannmål under samma period. Produktionsmedelsprisindex (PM-index) som visar prisutvecklingen på produktionsmedel inom jordbruket steg också, men inte lika kraftigt som index för gödselmedel och spannmål.

Den svenska, europeiska och globala marknaden för gödselmedel påverkas av problem på leverantörsidan, inklusive störningar på grund av sanktioner, produktionskris, och handelsrestriktioner. (Baffes & Chian Koh, 2023)

Rysslands invasion av Ukraina har resulterat i sanktioner mot Ryssland och Vitryssland, båda viktiga leverantörer av gödsel till Europa, och lett till höga naturgaspriser. Naturgas är en viktig råvara för ammoniumtillverkning och de höga naturgaspriserna har därmed påverkat priset på och lett till en produktionsnedgång av ammoniak som i sin tur är en viktig ingångsvara för kvävegödsel.

I oktober 2022 hade omkring 70 procent av den europeiska ammoniakproduktionskapaciteten minskats eller lagts ner. Kinesiska exportrestriktioner för gödsel har också påverkat tillgången och priset. Mot slutet av 2022 hade priserna minskat något men den allvarliga situationen kvarstår och prisnedgången beror framför allt på lantbrukets reaktion på de höga priserna. (Baffes & Chian Koh, 2023).

Yara, en internationell producent av gödselmedel och jordbrukskemikalier, hade i slutet av januari 2023 en begränsad produktion av ammoniak motsvarande 35 procent av dess europeiska kapacitet. (Yara, 2023)

3 Kartläggningens metod

Ramboll arbetar med kartläggningen i två steg, den första datainsamlingsfasen är explorativ och mynnar ut i en bruttolista över initiativ, dessa presenteras i tabellerna i Kapitel 4. I den andra datainsamlingsfasen studeras ett urval av tekniker närmare. Arbetet med den nationella kartläggningen och den här kartläggningen har varit tätt sammankopplat även om det resulterat i två separata rapporter.

3.1 Explorativ datainsamling

Inledningsvis har Ramboll genomfört ett uppstartsmöte med Jordbruksverket och deltagit på två möten med Jordbruksverkets egen referensgrupp som framför allt representerar olika initiativ inom nationell gödselmedelsproduktion och nationella branschorganisationer som bland annat företräder olika delar av lantbruket.

Därefter har Ramboll även genomfört workshops med en egen referensgrupp som består av företag som har initiativ inom gödselmedelsproduktion, SLU och IKEM. Workshopen delades upp i två arbetsmöten, med syfte att utforska förutsättningar och potential för ökad inhemsk produktion av gödselmedel inom olika delområden (resursflöden). För denna internationella del syftade workshopen även till att om möjligt utforska befintliga initiativ inom EU, Norge och UK, för att Ramboll sedan skulle följa upp dessa med dokumentstudier och personlig kontakt. Ett initiativ i Sverige kan även vara verksamt i andra länder.

Genom framför allt workshops och skrivbordsstudier har Ramboll sammanställt en bruttolista över initiativ med grundläggande information om aktuell näringsämne, förväntat år för realisering eller kommersialisering samt i vilket lant initiativet hör hemma. Bruttolistan innehåller även en mycket kort beskrivning av varje initiativ.

3.2 Fördjupad datainsamling

Den fördjupande datainsamlingen innebär att ett urval av tekniker från bruttolistan analyseras närmare. Urvalet resulterar i en nettolista. Teknikerna på nettolistan analyseras inte i samma detaljerade utsträckning som i den nationella kartläggningen.

Urvalet av de tekniker vi valt att studera djupare är baserat på tekniker som har medelhög till hög teknikomgnad samt skulle kunna importeras till Sverige. Denna bedömning har gjorts genom litteratursökning, rekommendationer från sakkunniga och kontakt med företagen som utvecklar teknikerna. Alla struvit-metoder kopplade till avloppsvatten utesluts då denna typ av teknik inte fungerar bra vid kemisk fosforfällning, vilket är den vanligaste metoden för fosforfällning vid avloppsreningsverken i Sverige.

Information till de fördjupade beskrivningarna har samlats in genom dokumentstudier, mailkontakt samt i vissa fall intervjuer eller samtal. Intervjuerna har inte varit strukturerade utan endast genomförts om vi behövt komplettera den information som vi fått genom dokumentstudier eller mailkontakt.

Frågeställningarna som ställts till de företag som utvecklar eller äger teknikerna i nettolistan återges i tabellen nedan, på svenska och på engelska. Frågorna har ställts via mail och samtliga utvalda företag har besvarat frågorna med ett par undantag. I dessa fall har vi försökt att kontakta företagen per telefon, i vissa fall har det lyckats men i andra inte. Av den anledningen kan informationen variera mellan initiativen.

Tabell 3 Frågeställningar till djupstuderade initiativ

Frågor	Questions in english
Vilka näringsämnen innehåller er slutprodukt?	What nutrients does your final product contain?
Vilka mikronäringsämnen innehåller er slutprodukt?	What micronutrients does your final product contain?
Är er produkt kommersialiserad? Om inte, när planerar ni att lansera den?	Is your product commercialized? If not, when do you plan to launch it?
Planerar ni att exportera er produkt till andra länder som exempelvis Sverige?	Do you plan to export your product to other countries such as Sweden?
I vilken grad är er produktion skalbar?	To what degree is your production scalable?
Vilken typ av teknik använder ni?	What kind of technology do you use?
Planerar ni att exportera er teknik till andra länder som exempelvis Sverige?	Do you plan to export your technology to other countries such as Sweden?

4 Delområden och initiativ

Ramboll har undersökt initiativ inom olika delområden (resursflöden) där det kan finnas potential för europeisk produktion och svensk import av tekniker och produkter. I tabellen nedan listas resursflöden som hanteras och beskrivs i den nationella kartläggningen, av dessa är fem relevanta för de tekniker och initiativ som identifierats i den internationella kartläggningen.

Inom varje delområde finns ett antal initiativ med hög teknikmognad och som skulle kunna importeras till Sverige, dessa beskrivs närmare i kapitel 5. Ramboll har antagit att de olika resursflödena rent tekniskt kan beskrivas på likartat sätt i den nationella och internationella kartläggningen, men att produkter som kan skapa utmaningar ur transportperspektiv på grund av behovet av tunga transporter kan behöva uteslutas eller kommenteras. En mer detaljerad beskrivning av resursflödena återges i den nationella kartläggningen.

Tabell 4 Resursflöden i den nationella respektive den internationella kartläggningen

Resursflöden	Beskrivs i den nationella kartläggningen	Resursflöden som är relevanta för den internationella kartläggningen
Restprodukter gruvindustri	X	
Fixering av kväve från luft (ofta i kombination med elektrolys)	X	X
Restprodukter från industriproduktion	X	X
Carbon capture		X
Restprodukter från pappersmassabruk	X	
Avloppsvatten	X	X
Rötresten från biogasanläggningar	X	X
Slaktrester	X	
Avfallsaskor (fosfor, kalium)	X	X
Marina produkter och växtmaterial	X	X
Deponier och massor	X	

4.1 Lista med tekniker och initiativ

I detta avsnitt beskriver Ramboll internationella initiativ som skulle kunna ha potential att nå Sverige inom en tioårsperiod. Initiativen i denna lista är samlade i tabellerna nedan, som kortfattat beskriver vilket företag som står för initiativet, vilken huvudsaklig teknik som används och vilket näringsämne som framställs eller kan framställas, status som initiativet bedöms ha och i vilket land som tekniken är implementerad. Länder utanför rapportens syfte är inte inkluderade.

tabellerna, även om tekniken är implementerad i det landet. Informationen som presenteras i detta avsnitt är beroende av tillgängligheten av information, därför kan detaljnivån variera mellan de presenterade teknikerna. Detta innebär att det kan finnas fler näringsämnen och länder associerade med teknikerna som Ramboll inte har hittat information om. Det kan även finnas fler tekniker som är relevanta för implementering i Sverige men som inte har kommit till Rambolls kännedom.

Tabell 5: Tekniker som kan bli aktuella för import till Sverige med avloppsslam som insatsvara, för referenser se Annex 1: Referenser till tabeller

Teknik (företag)	Beskrivning	Näringsämne	Realisering/kommersialisering	Land
EuPhoRe process (Euphore)	Genom pyrolys och förbränning utvinns en fosforrik aska från avvattnat slam.	P	1 pilotanläggning i drift, två fullskalanläggningar under uppbyggnad	Tyskland
PYREG (Eliquo Stulz)	Genom pyrolys omvandlas avvattnat slam till biokol	P	Kommersialiserad, 50 anläggningar	Tyskland Tjeckien Schweiz
PULSE	Syralakning av avvattnat avloppsslam för att utvinna kalcium- eller magnesiumfosfat	P	Demonstrationsanläggning i Belgien, planeras på att flyttas till Skottland	Belgien
TerraNova Ultra (TerraNova Energy)	HTC tekniken omvandlar slam till hydrokol.	P, N	Kommersialiserad	Polen Tyskland
ExtraPhos (Prayon)	Använder CO2 som hjälpmedel för att utvinna fosfor ur förtjockat rötat slam.	P	En mobil pilotanläggning har varit installerad på två olika avloppsreningsverk.	Tyskland
CalPrex (CNP)	Förtjockat slam. Fosfor faller ut som brusit.	P	Pilotanläggningar	Tyskland
Seaborne/Gifhorn process	Fosfor utvinns i form av struvit från rötat slam	P, N	Kommersialiserad	Tyskland
Stuttgart process	Svavelsyra tillsätts direkt efter röt-kammaren för att lösa upp eventuellt bunden fosfor från rötat slam.	P, N	Kommersialiserad	Tyskland
ViViMAG (Kemira)	Vivianit (järnfosfat) fälls ut genom behandling av rötat, ej avvattnat slam.	P, Fe	Pilotanläggning	Nederländerna
CarboREM	Återvinning av ammoniumsulfat och produktion av hydrokol genom HTC.	P	Pilotanläggning	Italien

Teknik (företag)	Beskrivning	Näringsämne	Realisering/kommersialisering	Land
RSR (Green Sentinel)	Bildar en vattenlösning med olika mineraler från avvattnat slam.	P, K, S	Semi-fullskalig installation planerad 2022 ⁵⁶	Österrike
Endev	Mekanisk torkning av slam. Askan från förbränning separeras i en gödselmedelsfraktion	P, N, S, Kalcium (Ca), S, Magnesium (Mg), B, Fe, Zn, Mn	Kommersialiserad	Finland

Tabell 6: Tekniker som kan bli aktuella för import till Sverige med *slamaska* som insatsvara, för referenser se Annex 1

Teknik (företag)	Beskrivning	Näringsämne	Realisering/kommersialisering	Land
Flashphos	Mekanisk avvattning av avloppsslam som förgasas vid hög temperatur.	P	Pilotanläggning på gång. Kommersialisering planeras 2025	Tyskland
TetraPhos (Remondis Aqua)	Återvinningsprocess av fosfor från slamaska	P	Kommersialiserad	Tyskland Nederländerna
Ash2Phos (EasyMining)	Utvinner näringsämnen ur aska från avfallsströmmar.	P	Kommersialisering planeras 2025	Tyskland Sverige
ICL	Använder återvunnen fosfor i form av slamaska i produktionen av mineralgödsel	P (kan tillsätta andra näringsämnen men inte från slamaska)	Fullskaleanläggning i drift	Nederländerna
LEACHPHOS	Svavelsyra tillsätts till slamaska för att få ut fosfor	P	Pilotanläggning	Schweiz
PHOS4Green (Glatt)	Återvinning av fosfor från aska från avloppsslam.	P eller PK, NPS eller NPK gödsel	Fullskaleanläggning i drift	Tyskland
AshDec (Metso Outotec)	Tar fram granulerad aska från avloppsvatten.	P	Pilotanläggning nu. Fullskalig demonstrationsanläggning är planerad	Österrike Tyskland
RecoPhos	Återvinning av fosfor från aska från avloppsslam.	P	Labbskala	Österrike
PARFORCE (PTC – PARFORCE Technology Cooperation)	Avsikten är att kunna behandla en mängd olika typer av substrat eller avfall (aska, struvit etc) med målet att producera fosforsyra.	P	Planerad demonstrationsanläggning i Tyskland 2022 men oklart hur det blev	Tyskland
Phos4Life (Tecnicas Reunidas och ZAR)	Utvinner fosfor ur slamaska, i form av fosforsyra.	P	Pilotanläggning nu. Kommersialisering planerad i Schweiz.	Spanien Schweiz

⁵⁶ Ramboll känner inte till om denna installation fullföljdes under 2022.

Teknik (företag)	Beskrivning	Näringsämne	Realisering/kommersialisering	Land
Susphos	Fosforsyra skapas genom att koncentrerad svavelsyra reagerar med slamaska	P, N	Pilotanläggning, en fullskaleanläggning är planerad i Nederländerna till 2023–2024.	Nederländerna

Tabell 7: Tekniker som kan bli aktuella för import till Sverige med avloppsvatten som insatsvara (ej slam eller aska), för referenser se Annex 1

Teknik (företag)	Beskrivning	Näringsämne	Realisering/kommersialisering	Land
NyReSys	Processer som utvinna struvit i avloppsreningsverk från rejektvatten.	P	Flertaliga fullskaleanläggningar i Europa	
Aqua2N (EasyMining)	Kväve fångas upp av en utfällningskemikalie och separeras från avloppsvatten.	N	2023	Danmark
RAVITA (HSY)	Fosforsyra från avloppsrening (kemsam).	P (N även möjligt)	Pilotanläggning	Finland
Pearl/DHV/P-RoC/PRISA/Struvia/RePhos/PhosPaq/eco:P/PhosphoGREEN	Processer som utvinna struvit i avloppsreningsverk från rejektvatten.	P, N	Finns ungefär 50 anläggningar i Europa	
Ostara WASSTRIP	Processer som utvinna struvit i avloppsreningsverk från rejektvatten.	P	Flertaliga fullskaleanläggningar i Europa	Danmark

Tabell 8: Tekniker som kan bli aktuella för import till Sverige med insatsvaror från olika restflöden, för referenser se Annex 1

Teknik (företag)	Beskrivning	Näringsämne	Realisering/kommersialisering	Land
Clean ammonia, fx SKREI i Norge (Yara)	Tillverkning av ammoniak genom elektrolys	N	2023	Norge Österrike Nederländerna (Australien)
QuickWash (Renewable Nutrients)	Återvinning av fosfor och ammoniak från olika restprodukter	P, N, Ca, S, Mg	Inga fullskaleanläggningar finns i dagsläget, bara pilotanläggningar.	Storbritannien
Ductor process (DUCTOR)	Anaerob nedbrytning (biogasproduktion) och gödselproduktion. Kväve återvinns uppströms från röt-kammaren.	N	Kommersialiserad	Tyskland
AMFER (Colsen)	Återvinning av kväve från ammoniakrika strömmar.	N	Tre fullskaleanläggningar i drift, två under konstruktion	Nederländerna Storbritannien

Teknik (företag)	Beskrivning	Näringsämne	Realisering/kommersialisering	Land
AgroAmerica) (VP-HoBE)	Omvandlar flytgödsel till biokol.	P	Kommersialiserad	Nederländerna Belgien
Atmonia System (Atmonia)	Teknik för hållbar reduktion av atmosfäriskt kväve till ammoniak.	N	Tekniken ska kommersialiseras (några år kvar)	Island
Tracegrow	Omvandlar material från industriella sidosrömmar och återvunna alkaliska batterier till gödselprodukter.	Zn, Mn, S, Cu	Kommersialiserad	Finland
Valuewaste (Cetenma)	Utvecklar ett system för att återvinna näringsämnen från bioavfall.	P, N	Pre-kommersialisering. Test-projekt avslutat 2022.	Spanien, Danmark
CCm Technologies	Koldioxid fångas in från industrier med hjälp av carbon capture, reagerar med ammoniak från avfallssektorn och blandas med fiber, tex slam, för att bilda ett gödselmedel.	P, N	Demo-anläggning- Används idag i liten skala för minst ett företag i Storbritannien.	Storbritannien
Group Fertiberia	Tillverkning av ammoniak genom elektrolys	N, P, K	Kommersialiserad	Spanien, Portugal, Frankrike Sverige
Power-to-X (European Energy)	Tillverkning av ammoniak baserad på förnybar energi och elektrolys av vatten.	N	Kommersialisering planeras 2028	Danmark
C-green	OxyPower HTC™-tekniken omvandlar blött bioavfall till kolväte. Hydrokol.	N, P	Finland: 2021	Finland, Sverige, Nederländerna, Frankrike (Ev. Estland)
N2 Applied	Tekniken tillför kväve från luften till flytgödsel, vilket ökar kvävehalten. Utförs lokalt på gården.	N, P, S, K, Mg	Pre-kommersialisering	Norge. Case-study i Storbritannien, Danmark, Sverige och Nederländerna.
Havbruk (Lift Up, AquaPro, AMOF-Fjell och Ragn-Sells (EasyMining))	Insamling av slam från fiskodling som annars sprids i de norska fjordarna.	P, K (även bl.a. K och biogas)	Pre-kommersialisering, pågående pilotprojekt	Norge

5 Fördjupande analys av utvalda tekniker

Som beskrivs i avsnitt 3.2 har urvalet skett genom en bedömning av vilka tekniker i bruttolistan som har medelhög till hög teknikmognad samt skulle kunna importeras till Sverige. Bedömning har gjorts genom litteratursökning, rekommendationer från sakkunniga och kontakt med företagen som utvecklar teknikerna. Av de teknikkategorier som representeras i bruttolistan i tabellerna i avsnitt 4.1 har vi valt att utesluta alla struvit-metoder kopplade till avloppsvatten då denna typ av teknik inte fungerar bra vid kemisk fosforfällning, vilket är den vanligaste metoden för fosforfällning vid avloppsreningsverken i Sverige.

Teknikbeskrivningarna inkluderar en redogörelse av insatsmaterial och teknikmetod, tidsperspektiv för kommersialisering, vilken typ av produkt det gäller (allt från teknik till färdigt gödselmedel) samt möjligheten för export till Sverige. Teknikbeskrivningarna innehåller även information om vad som krävs i termer av energi och kemikalier för att ge en antydning till vilken miljöpåverkan som teknikerna har. Övriga faktorer som påverkar miljön, såsom markanvändning, påverkan på naturvärden och ekosystemtjänster etcetera är inte inkluderade i denna rapport. I de fall teknikbeskrivningarna inte är heltäckande beror det på att informationen saknas⁵⁷. Information om eller bedömningar av slutprodukters tillgänglighet som växtnäring, det vill säga deras gödselmedelsvärde, tas inte upp i beskrivningarna eftersom fokus är på tekniker som framför allt är relevanta i ett tidigare skede av värdekedjan än utvecklingen av slutprodukten.

5.1 Tekniker med avloppsslam som insatsmaterial

Avloppsslam är en biprodukt som bildas när avloppsvatten renas i reningsverk. När avloppsvatten renas, separeras fast avfall från vattnet och bildar en slamliknande substans. Detta avfall kallas avloppsslam och består av organiskt material, organiska ämnen och mikroorganismer.

EuPhoRe⁵⁸

EuPhoRe-tekniken går ut på att en fosforrik aska utvinns från avvattnat slam. Insatsmaterialet, avvattnat slam, tillsätts i en sluttande roterugn tillsammans med kaliumklorid (KCl) och magnesiumklorid (MgCl₂). I ugnen sker först en torkning och pyrolys som skapar ett biokol. Därefter förbränns biokolet, vilket resulterar i en fosforrik aska som är tänkt att användas direkt som gödningsmedel med hög

⁵⁷ Ramboll har kontaktat berörda företag upprepade gånger med varierande resultat.

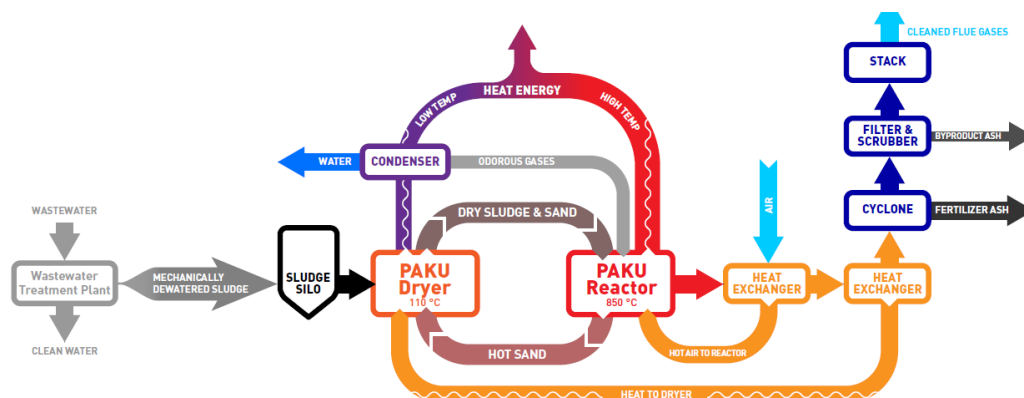
⁵⁸ Ramboll har trots flera försök inte kommit i kontakt med det berörda företaget och informationen kan därför upplevas som bristfällig i vissa delar. Det saknas exempelvis information om företagens planer om eventuell spridning av tekniken till andra länder.

fosfortillgänglighet. (von Bahr & Kärrman, 2019) Tungmetaller extraheras från rökgasen, alla andra mineraler, inklusive järn och aluminium, finns kvar i askan. (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)

Endev

Tekniken är utvecklad av det finska företaget Endev och innebär torkning samt förbränning av avloppsslam. Askan från förbränningen separeras i en gödselmedelsfraktion och en biproduktfraktion, där den tidigare innehåller P, N, S, K, Mg, B, Fe, Zn och Mn. Askan som separeras till en gödselmedelsfraktion innehåller 6% P. Askan kan användas som den är, men behöver då pelleteras först, men kan också blandas med mineralgödsel för att öka kvalitén. Företaget uppger att oönskade organiska föreningar försvinner under förbränningen samt att de tungmetaller som finns kvar separeras från askan. De rökgaser som skapas i reaktorn renas innan de släpps ut i skorstenen. Den biproduktfraktion av askan som bildas i förbränningen ses som avfall och måste tas om hand.

Som ett resultat av den termiska integrationen är processen energimässigt självförsörjande, vilket möjliggör drift utan extra bränslen. Processen skapar även ett överskott av värme, vilket kan utnyttjas som fjärrvärme. Endev uppger att tekniken inte kräver några ändringar av nuvarande reningsprocesser för avloppsvatten och att slammet hanteras på samma plats som avloppsreningsverket, vilket inte kräver transport av blötslam. Sedan 2019 har en fullskalig anläggning varit i drift i Finland. Endev planerar att exportera tekniken till andra länder, där Sverige ses som en potentiell marknad. Tekniken är anpassad för slamhantering för mindre till mellanstora anläggningar i mindre städer och på landsbygden. Kapaciteten bör vara mer än 10 000 ton/år för att vara ekonomiskt lönsam, men alla storlekar över 10 000 ton/år är möjliga då anläggningen har en modul-konstruktion.



Figur 4: Processtegen i tekniken från Endev. Observera att processen tidigare har benämnts som PAKU.⁵⁹

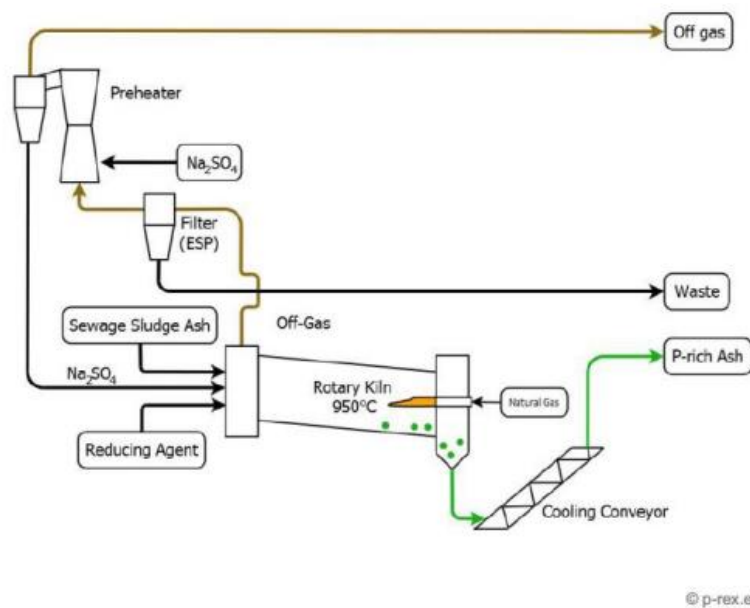
⁵⁹ Källa: <https://www.endev.fi/en/paku-process/>

5.2 Tekniker med slamaska som insatsmaterial

Slamaska är en biprodukt som bildas när organiskt material förbränns, exempelvis i en avfallsförbränningsanläggning eller kraftverk. Slamaskan består av de oorganiska materialen som är kvar efter förbränningen, som mineraler, metaller och glas.

AshDec

Insatsmaterialet i denna process är en slamaska som tillsammans med ett tillsatsmaterial upphettas till 1000°C. Natriumsulfat (Na_2SO_4) tillsätts, vilket gör att tungmetaller som exempelvis arsenik, kadmium och bly följer med rökgaserna och avskiljs i rökgasreningen. Tekniken producerar en fosforrik granulerad aska som enligt uppgift kan användas som gödselmedel. (von Bahr & Kärrman, 2019) Företaget, Metso Outotec, uppger att de kommer att sälja tekniken snarare än den modifierade askan och att om det behövs vidaremodifiering av produkten för att skapa ett gödselmedel med högre användbarhet, så kommer det att göras av en annan aktör. Tekniken är redo att implementeras och kan exporteras till Sverige. (Representant Metso Outotec, 2023)



Figur 5: Processtegen i AshDec-processen ⁶⁰

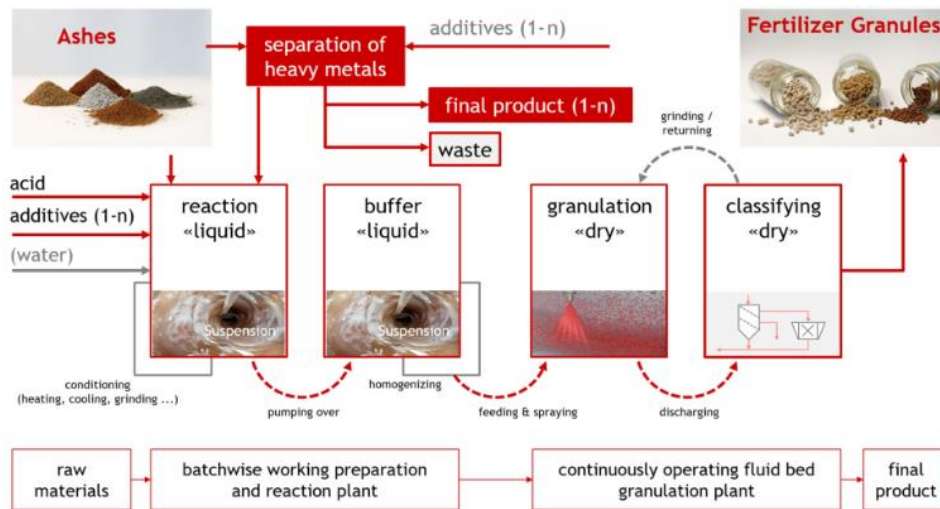
ICL Puraloop Process

⁶⁰ Källa: (von Bahr & Kärrman, 2019)

ICL Puraloop Process, utvecklad av det multiinternationella företaget ICL, använder återvunnen P i form av slamaska i produktionen av mineralgödsel. (Representant från ICL, 2023). Genom att blanda in slamaska under produktionen av mineralgödsel minskas behovet av fosfatmalm. Askan kan komma från avloppsreningsverk (fungerar med både biologisk och kemisk fosforrening), eller från animaliska biprodukter. Genom att askan tillsätts under någon av de sura processtegen säkerställs att fosfor i askan blir växttillgänglig (Malovanyy, o.a., 2022). Till slutprodukten går det att tillsätta andra näringsämnen och mikronäringsämnen, till exempel K och Mg. Inga processkemikalier tillsätts men energi krävs under torkningssteget. Processen kan (per idag 2023) producera gödsel på kommersiell skala, beroende på marknadens efterfrågan. Tekniken är testad i fullskala och används bland annat i Nederländerna och i Tyskland. Slutprodukten kan exporteras till Sverige om de uppfyller de svenska lagkraven (Representant från ICL, 2023).

PHOS4green

PHOS4green tekniken, utvecklad av det tyska företaget Glatt Ingenieurtechnik GmbH, återvinner P ur aska från avloppsslam. Slamaskan reagerar med fosforsyra (H_3PO_4) (eller andra syror) för att göra P i askan mer växttillgänglig. Därefter bildas ett granulat som används i olika gödselmedel, där ibland P, PK, NPS och NPK gödsel. Tekniken kan användas på både mindre och större anläggningar och är skalbar (Representant från Glatt, 2023). En nackdel med tekniken är att tungmetaller och andra oönskade ämnen kan återfinnas i slutprodukten (Malovanyy, o.a., 2022). Företaget själva uppger dock att tester visar att gödselmedel som produceras med PHOS4green tekniken oftast har lägre halter av tungmetaller än vanliga P-gödselmedel från marknaden och att de ”för närvarande” endast använder aska som uppfyller kraven på tungmetallinnehåll enligt gödselmedelslagstiftning. Tekniken kräver inga ytterligare kemikalier under processen men energi krävs i granuleringsprocessen. Det finns (per idag januari 2023) en fullskalig anläggning i drift i Tyskland. Att exportera tekniken till Sverige kan vara en möjlighet (Representant från Glatt, 2023).

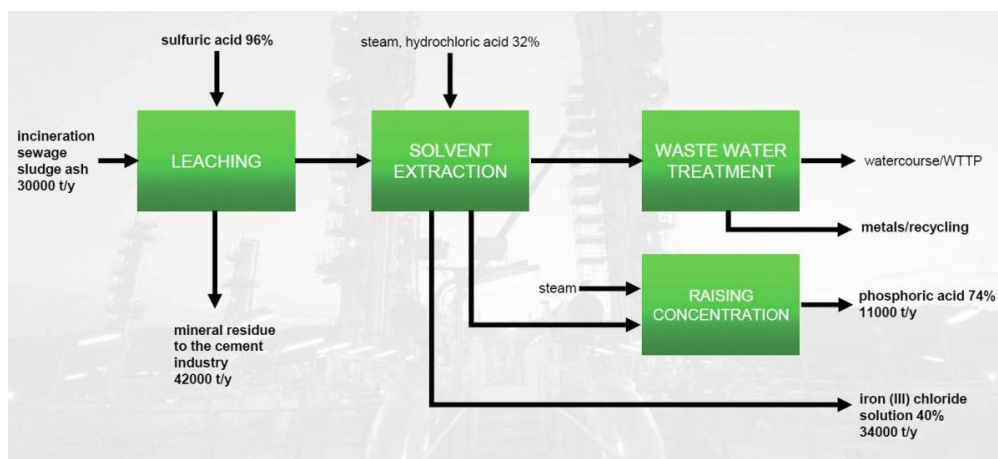


Figur 6: Processtegen i PHOS4Green-processen ⁶¹

Phos4Life

Phos4Life tekniken, utvecklad av det spanska företaget Técnicas Reunidas tillsammans med stiftelsen ZAR, utvinnet P ur slamaska i form av fosforsyra (H_3PO_4). Insatsmaterialen i tekniken är slamaska, vilken behandlas med ånga, svavelsyra samt saltsyra, och slutprodukten blir fosforsyra (H_3PO_4). Tekniken kräver ånga, vilket kan innebära energiåtgång för att skapa ångan, men annars behövs inga stora mängder energi. Förutom fosforsyra (H_3PO_4) skapas också gips, metaller och en järnkloridlösning. Tungmetaller separeras i processen, men det är inte tydligt till vilken grad. Det finns (per idag januari 2023) ingen fullskalig anläggning i drift, men tekniken är planerad att implementeras under 2023. Företaget är öppna för försäljning till Sverige, men det finns inga specifika planer gällande detta i dagsläget (Representant från Técnicas Reunidas, 2023).

⁶¹ Källa: <https://phos4green.glatt.com/technology/functionality/>



Figur 7: Processtegen i Phos4Life-processen⁶²

TetraPhos

TetraPhos-tekniken, utvecklad av företaget Remondis Aqua, återvinner fosfor ur slamaska. Processen har stora likheter med tidigare nämnda tekniken Phos4Life och mineraliserar askan med hjälp av en våtkemisk process. Processen inleds med att delvis återvunnen fosforsyra (H_3PO_4) tillsätts, vilken löser upp bunden P i slamaskan. Efter att icke-upplöst aska avskilts tillsätts svavelsyra (H_2SO_4) och gipset som uppstår separeras från askan. Efter flertalet steg av filtrering och rening av tungmetaller skapas en fosforsyra (H_3PO_4) av hög kvalitet. Företaget uppger att tekniken kräver energi, men att koldioxidavtrycket är lägre jämfört med importerad fosforsyra⁶³. Tekniken är i drift i Tyskland sedan 2020 och företaget har inte tagit något beslut om export till Sverige i dagsläget. (Representant från Remondis Aqua, 2023)

		Unit	MGA	crude acid	treated acid
Contents					
Phosphoric acid	H_3PO_4	%	75	75	75
Sulphuric acid	H_2SO_4	%	1.9 - 5.5	0.5 - 1	0.5 - 1
Aluminium	Al	%	0.2 - 0.4	1 - 2	0.5 - 1
Iron	Fe	%	0.1 - 0.3	0.5 - 1	0.5 - 1
Calcium	Ca	%	0.01 - 0.1	0.5 - 1.5	< 0.05
Magnesium	Mg	%	0.2 - 0.25	0.4 - 0.5	< 0.05
Heavy metals					
Arsenic	As	ppm	< 1	1 - 2	< 1
Cadmium	Cd	ppm	9	< 1	< 1
Chromium	Cr	ppm	95	1 - 10	1 - 5
Copper	Cu	ppm	26	1 - 10	< 3.5
Nickel	Ni	ppm	22	10 - 15	< 3
Lead	Pb	ppm	< 3	< 3	< 3
Zinc	Zn	ppm	290	300 - 500	< 3
Manganese	Mn	ppm	30	300 - 500	< 3
Uranium	U	ppm	192	< 1	< 1

⁶² Källa: Tecnicas Reunidas

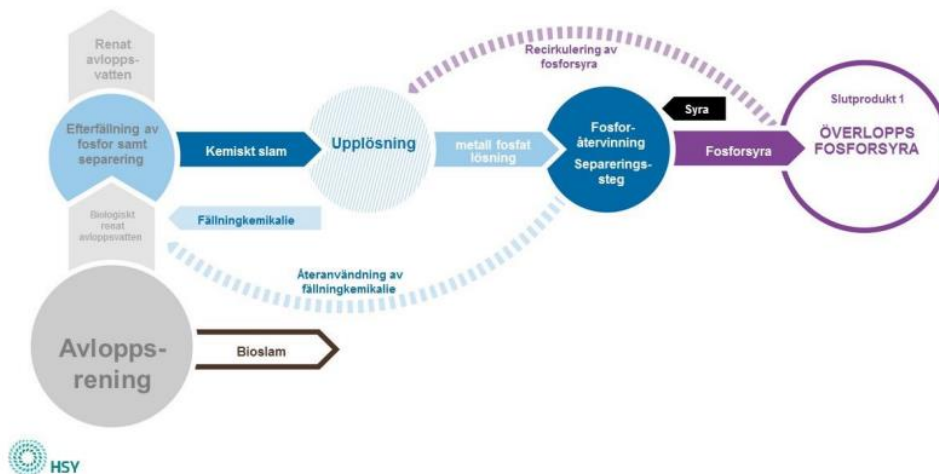
⁶³ Denna uppgift är ej verifierad

Figur 8: Innehållet i slutprodukten (treated acid). MGA= merchant grade acid⁶⁴

5.3 Tekniker med avloppsvatten (ej slam eller aska) som insatsmaterial

RAVITA

RAVITA-processen, utvecklad av det finska företaget HSY, innebär att P utvinns från det utgående vattnet i avloppsreningsverk. Processen är integrerad i avloppsreningsverket, där man lagt fosforfällningen som sista steg. RAVITA-processen får tillgång till drygt 70 procent av inkommande P till avloppsreningsverket, eftersom resterande hamnar i bioslammet som avskiljs tidigare i reningen. Den utgående produkten har mycket låg halt av metaller och organiska föroreningar. Förutom fosforsyra (H_3PO_4) bildas ett slam som måste hanteras. Projektet är pågående (per idag december 2022) och det finns en pilotanläggning i Finland. Processen passar mycket bra för reningsverk med kemisk fosforfällning, som är vanligt i Sverige, och fungerar även på mindre avloppsreningsverk. (von Bahr & Kärrman, 2019) HSY uppger att det inte är fastställt ännu om produkten som ska säljas är tekniken, fosforsyra (H_3PO_4) eller färdig gödselprodukt, men i vilket fall är Sverige ett land som är aktuellt för export av produkten⁶⁵. (Representant från HSY, 2023)



⁶⁴ Källa: Remondis Aqua

⁶⁵ Ramboll har ställt frågor om energitillgång till RAVITA utan svar.

Figur 9: Processtegen i RAVITA-processen⁶⁶

5.4 Tekniker med övriga/blandade insatsmaterial

AMFER

AMFER tekniken, utvecklad av företaget Colsen, återvinner N från ammoniakrika strömmar så som rötrest, flytgödsel eller avloppsvatten från industrier. Tekniken består av endast ett processteg, strippning, vilket kräver energi. Slutprodukten är ammoniumsulfat ($[\text{NH}_4]_2\text{SO}_4$) och ammoniumnitrat (NH_4NO_3). Colsen säljer tekniken och kunderna kan producera gödselmedel med hjälp av anläggningarna. De typiska kunderna är biogasanläggningar eller vattenreningsverk. Per idag (januari 2023) finns tre anläggningar i drift (i Storbritannien och Nederländerna) och två är under uppbyggnad. Tekniken är skalbar men det finns en minsta kapacitet på att behandla 25 000 m³ rötrest/avloppsvatten per år eller återvinna 100 ton N per år. Colsen erbjuder sin teknik internationellt, därav kan export till Sverige vara ett alternativ. (Representant från Colsen, 2023)

N2Applied

N2 Applied processen använder flytgödsel från boskap för att skapa ett kväveberikat organiskt gödselmedel lokalt på gården. Tekniken bygger på två steg, plasma och absorption. I plasma-steget fixeras N från luften med hjälp av elektricitet och skapar kväveoxid (NO). I absorption-steget absorberas kväveoxiden in i flytgödslet. Processen förhindrar förlust av ammoniak (NH_3) och eliminerar metanutsläpp. Slutprodukten är ett kväveberikat organiskt gödselmedel som kan återanvändas på gården och därmed minskas behovet av mineralgödsel. Gödselmedlet innehåller även P, K, Mg, C och S. Tekniken kan även användas på rötrest från biogas-anläggningar. N2 Applied har genomfört en case study på More Biogas i Kalmar. Plasmabehandlingen kommer att bli tillgänglig i Sverige från hösten 2023 med maskiner från tyska GEA. (Representant från N2 Applied, 2023)

Tracegrow

Tracegrow's teknik återvinner mikronäringsämnen från återvunna alkaliska batterier och industriella sidostömmar till gödselprodukter. Svavelsyra (H_2SO_4) tillsätts i processen för att omvandla Zn och Mn till sulfatform som extraheras och renas från återvunna alkaliska batterier. Slutprodukterna är sulfatbaserade Zn- och Mn-produkter (ZM-Grow, ZMC-Grow, Zimaco-PRO). Slutprodukterna säljs både som färdiga flytande gödselmedel, men kan också användas för att förstärka NPK-gödselmedel med mikronäringsämnen. Tekniken är skalbar, och skalan beror på storleken på processutrustningen och tillgången på användbart utrymme. Idag säljs slutprodukterna i fler än 15 länder och företaget planerar att utvidga spridningen till andra länder. Försäljning av tekniken kan bli aktuell i framtiden. Tekniken kräver

⁶⁶ Källa: HSY

energi, men företaget uppger att man använder minimalt med energi jämfört med smältning, vilket idag är det vanligaste sättet för hantering av alkaliska batterier. (Representant från Tracegrow, 2023)

Power-to-X

Power-to-X kallas processer där förnybar el omvandlas till ett ämne eller en energibärare. Detta kan vara i gasform (t.ex. vätgas) eller i flytande form (t.ex. ammoniak). När det gäller gödselproduktion är det produktion av ammoniak genom elektrolys som är aktuellt, ofta kallat grön ammoniak. Tekniken används av flertalet företag, däribland Fertiberia, Yara, Atmonia och European Energy.

Fertiberia har planer på att tillverka grön ammoniak i Sverige, se mer information i den nationella rapporten. Yara planerar att producera grön ammoniak som kommer att användas i produktionen av gödselmedel. Den första produktionen kommer att ske i en pilotanläggning i Norge, kommersialiseringen förväntas ske under 2023. Produktion av grön ammoniak (NH₃) planeras också i Nederländerna och Österrike (samt Australien). (Yara, u.d.). Atmonia är ett isländskt företag som i dagsläget utvecklar en teknik för grön ammoniak som ska kommersialiseras inom några år. European Energy planerar att tillverka grön ammoniak från havsbaserad vindkraft. Företaget utvecklar i dagsläget produktion av grön metan (power-to-X teknologi) och kommer inte att börja producera ammoniak förrän metananläggningen är i drift och teknologin är bevisad – vilket kommer ta ett par år. Den ammoniak som planeras att tillverkas kan användas till produktion av gödselmedel och företaget ser det som möjligt att exportera ammoniak till Sverige. Produktionen kommer troligtvis att ske i Danmark.

5.5 Tekniker med kopplingar till Sverige

Fertiberia- Green Wolverine

Green Wolverine-projektet planerar att tillverka ammoniak (NH₃) genom elektrolys i Boden och Luleå. Se en mer detaljerad beskrivning av tekniken i den nationella rapporten.

C-green- OxyPower HTC

OxyPower HTC tekniken omvandlar blött bioavfall till hydrokol. Se en mer detaljerad beskrivning av tekniken i den nationella rapporten.

EasyMining- Ash2Phos

Ash2Phos tekniken utvinner näringsämnen ur aska från avfallsströmmar. Se en mer detaljerad beskrivning av tekniken i den nationella rapporten.

EasyMining- Aqua2N

Aqua2N tekniken avlägsnar och återvinner ammonium (NH_3) på ett effektivt sätt från vattenflöden. Se mer detaljerad beskrivning av tekniken i den nationella rapporten.

6 Slutsatser

I denna kartläggning är majoriteten av de identifierade initiativen företag eller grupperingar av företag som har utvecklat eller utvecklar en teknik eller insatsvara för produktion av gödselmedel. Tekniken eller insatsvaran kan importeras till Sverige (till skillnad från ett färdigt gödselmedel). Det faktum att internationella företag kan tänka sig att exportera sin produkt (teknik eller insatsvara) till Sverige innebär dock inte att utbudet på färdiga gödselmedel ökar. För att det ska ske behövs både verksamheter som är villiga att implementera tekniken på den svenska marknaden och/eller företag som använder den resulterande insatsvaran för att producera ett användbart gödselmedel samt tillgängliga råvaror inom det relevanta resursflödet. Det är endast enstaka företag som uppger att de kan exportera en färdig gödselprodukt till Sverige.

Fosfor är det vanligast förekommande näringsämnet som utvinns med hjälp av de tekniker som kartlagts. Detta är förvisso inte förvånande då fosfor är ett av de absolut vanligaste näringsämnena i gödselmedel generellt och att fosfor (tillsammans med kväve) är en utmaning i hanteringen av avloppsvatten och avloppsslam, men det faktum att vi identifierat flest fosfor-initiativ kan också vara ett resultat av tillgängligheten på information. Många av de tidigare studier som gjorts där man kartlagt tekniker och initiativ för produktion av gödselmedel fokuserar på just fosfor. Generellt får makronäringsämnen ett större fokus i litteraturen och vi har endast identifierat ett fåtal tekniker som utvinns mikronäringsämnen. Det är troligt att det finns mikronäringsämnen i produkten hos flertalet av de tekniker som listas i tabellerna i kapitel 4.1, utan att det kommit till vår kännedom.

Det resursflöde med överlägset flest identifierade initiativ är avloppsvatten. Även detta resultat är troligtvis kopplat till tillgängligheten av information, där tidigare studier lagt stort fokus vid avloppsvatten. Vårt uppdrag är uppdelat i två rapporter – en för nationella initiativ och en för initiativ inom EU, Storbritannien och Norge (denna rapport), vilket gör att en jämförelse mellan svenska och internationella initiativ kan göras. Alla resursflöden identifierade i denna rapport förutom ett återfinns i den nationella rapporten, nämligen tekniker inom carbon capture.

Att vi ser ungefär samma restprodukter användas i de tekniker som utvecklas för att producera gödselmedel i Sverige som internationellt kan vara positivt ur två aspekter. Det ökar resiliensen i tillgänglighet av gödselmedel för svenska lantbrukare, där internationella företag och tekniker kan stärka teknikportföljen från svenska initiativ. För att en stabil försörjning av gödsel ska etableras i Sverige är det viktigt att ha en bredd i tekniker och företag, även om resursflödena är liknande. Att importera internationella tekniker till Sverige skapar dessutom en konkurrens på marknaden vilket är positivt ur en effektivitetssynpunkt.

Det finns mycket begränsad information om teknikernas miljöpåverkan. En övergripande observation som gjorts är att de tekniker som förbränner slam ofta kan återanvända överskottsvärme i systemet och samtidigt skapa överskottsenergi som kan användas som fjärrvärme. I övrigt uppger många företag att deras teknik kan/bör användas av fossilfri energi och att norra Sverige kan vara en lämplig plats för detta. Samtidigt planeras många industriprojekt i norra Sverige just nu där konkurrensen om elförsörjning förväntas att bli hård och energibrist kan vara ett hinder. Informationen om processkemikalier är också begränsad, vilket gör det svårt att få en övergripande förståelse för teknikernas miljöpåverkan. Som tidigare nämnts har övriga miljöfaktorer (förutom energiåtgång och kemikalier) inte hanterats i denna rapport.

Generellt gäller att det finns stora variationer i hur mycket information företagen är villiga att dela med sig av, vilket har resulterat i en varierande detaljnivå när teknikerna beskrivs. För att göra en fullständig analys av teknikerna, till exempel mer ingående gällande miljöpåverkan, krävs vidare studier.

Referenser

Baffes, J., & Chian Koh, W. (den 05 01 2023). Fertilizer prices ease but affordability and availability issues linger. The World Bank. Hämtat från <https://blogs.worldbank.org/opendata/fertilizer-prices-ease-affordability-and-availability-issues-linger> den 27 01 2023

Ductor. (2023). Hämtat från <https://www.ductor.com/products-services/#technology>

European Sustainable Phosphorus Platform. (2022). *Platform European Sustainable Phosphorus Platform*. Hämtat från https://www.phosphorusplatform.eu/images/download/ESPP-NNP-DPP_nutrient-recovery_tech_catalogue.pdf

Fertilizers Europe. (2021). *FORECAST OF FOOD, FARMING AND FERTILIZER USE in the European Union*. Hämtat från <https://www.fertilizerseurope.com/wp-content/uploads/2021/12/Forecast-2021-31-Studio-final-web.pdf>

Jordbruksverket. (2003). Makronäringsämnen, mikronäringsämnen och pH i ekologisk grönsaksodling.

Jordbruksverket. (2022). Rekommendationer för gödsling och kalkning 2023. *Jordbruksinformation 15 - 2022*.

Leghari, S. J. (September 2016). Role of nitrogen for plant growth and development: a review. *Advances in Environmental Biology*, 10(9), 209+.

Malovanyy, A., Johannesdottir, S., Schwede, S., Ahlgren, S., Flodin, E., & Shanmugam, K. (2022). *Återvinning av näringsämnen från avlopp*.

Representant från AIK Teknik AG. (2023).

Representant från Atmonia. (2023).

Representant från CarboREM. (2023).

Representant från Cetenma. (2023).

Representant från C-green. (2023).

Representant från Colsen. (2023).

Representant från EasyMining. (2022).

Representant från Eliquo Stulz. (2023).

Representant från Endev. (2023).

Representant från European Energy. (2023).

Representant från Flashphos. (2023).

Representant från Glatt. (2023).

Representant från Group Fertiberia. (2023).

Representant från HSY. (2023).

Representant från ICL. (2023).

Representant från Kemira. (2023).

Representant från N2 Applied. (2023).

Representant från NyReSys. (2023).

Representant från RecoPhos. (2023).

Representant från Remondis Aqua. (2023).

Representant från Renewable Nutrients. (2023).

Representant från Tecnicas Reunidas. (2023).

Representant från Terranova Energy. (2023).

Representant från Tracegrow. (2023).

Representant från Yara. (2023).

von Bahr, B., & Kärrman, E. (2019). *Tekniska processer för fosforåtervinning ur avloppsslam*.

VP Hobe. (2023). Hämtat från <http://www.vp-hobe.nl/en/home-en/>

Yara. (2023). *4Q 2022 Report*. Hämtat från <https://www.yara.com/siteassets/investors/057-reports-and-presentations/quarterly-reports/2022/4q-2022/4q-2022-report.pdf>

Yara. (u.d.). *Green fertilizers: everything you need to know*. Hämtat från <https://www.yara.com/sustainability/transforming-food-system/green-fertilizers/what-you-need-to-know-about-green-fertilizers/>

Annex 1: Referenser till tabeller

Teknik (företag)	Beskrivning	Näringsämne	Realisering/ kommersialisering	Land
EuPhoRe process (<i>Euphore</i>)	(von Bahr & Kärman, 2019) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(von Bahr & Kärman, 2019) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(Malovanyy, o.a., 2022)	(von Bahr & Kärman, 2019) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)
PYREG (<i>Eliquo Stulz</i>)	(Representant från Eliquo Stulz, 2023)	(Representant från Eliquo Stulz, 2023)	(Representant från Eliquo Stulz, 2023)	(Representant från Eliquo Stulz, 2023)
PULSE	(von Bahr & Kärman, 2019)	(von Bahr & Kärman, 2019)	(von Bahr & Kärman, 2019)	(von Bahr & Kärman, 2019)
TerraNova Ultra (<i>Terranova Energy</i>)	(von Bahr & Kärman, 2019)	(Representant från TerraNova Energy, 2023)	(Representant från TerraNova Energy, 2023) (von Bahr & Kärman, 2019)	(Representant från TerraNova Energy, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)
ExtraPhos (<i>Prayon</i>)	(von Bahr & Kärman, 2019)	(von Bahr & Kärman, 2019)	(von Bahr & Kärman, 2019)	(von Bahr & Kärman, 2019)
CalPrex (<i>CNP</i>)	(von Bahr & Kärman, 2019)	(von Bahr & Kärman, 2019)	(von Bahr & Kärman, 2019)	(von Bahr & Kärman, 2019)
Seaborne/Gifhorn process	(von Bahr & Kärman, 2019)	(von Bahr & Kärman, 2019)	(von Bahr & Kärman, 2019)	(von Bahr & Kärman, 2019)
Stuttgart process	(von Bahr & Kärman, 2019)	(von Bahr & Kärman, 2019)	(von Bahr & Kärman, 2019)	(von Bahr & Kärman, 2019)
ViViMAG (Kemira)	(Representant från Kemira, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(Representant från Kemira, 2023)	(Representant från Kemira, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(Representant från Kemira, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)

Teknik (företag)	Beskrivning	Näringsämne	Realisering/ kommersialisering	Land
CarboREM	(Representant från CarboREM, 2023) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(Representant från CarboREM, 2023) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(Representant från CarboREM, 2023) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(Representant från CarboREM, 2023) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)
RSR (Green Sentinel)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)
Endev	(Representant från Endev, 2023) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(Representant från Endev, 2023) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(Representant från Endev, 2023) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(Representant från Endev, 2023) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)

Teknik (företag)	Beskrivning	Näringsämne	Realisering/ kommersialisering	Land
Flashphos	(Representant från Flashphos, 2023) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(Representant från Flashphos, 2023) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(Representant från Flashphos, 2023) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(Representant från Flashphos, 2023) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)
TetraPhos (Remondis Aqua)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022) (von Bahr & Kärman, 2019)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022) (von Bahr & Kärman, 2019)	(Malovanyy, o.a., 2022) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)
Easymining: Ash2Phos	(Representant från EasyMining, 2022) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(Representant från EasyMining, 2022)	(Representant från EasyMining, 2022) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(Representant från EasyMining, 2022)

Teknik (företag)	Beskrivning	Näringsämne	Realisering/ kommersialisering	Land
	(von Bahr & Kärrman, 2019)	(European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	Phosphorus Plattform, 2022) (von Bahr & Kärrman, 2019)	(European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022) (von Bahr & Kärrman, 2019)
ICL	(Representant från ICL, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(Representant från ICL, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(Representant från ICL, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(Representant från ICL, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)
LEACHPHOS	(Representant från AIK Technik AG, 2023) (von Bahr & Kärrman, 2019)	(Representant från AIK Technik AG, 2023) (von Bahr & Kärrman, 2019)	(Representant från AIK Technik AG, 2023) (von Bahr & Kärrman, 2019)	(Representant från AIK Technik AG, 2023) (von Bahr & Kärrman, 2019)
PHOS4Green (Glatt)	(Representant från Glatt, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(Representant från Glatt, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(Representant från Glatt, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(Representant från Glatt, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)
AshDec (<i>Metso Outotec</i>)	(von Bahr & Kärrman, 2019)	(von Bahr & Kärrman, 2019)	(European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)
RecoPhos	(Representant från RecoPhos, 2023)	(Representant från RecoPhos, 2023)	(Representant från RecoPhos, 2023)	(Representant från RecoPhos, 2023)
PARFORCE (PTC – PARFORCE Technology Cooperation)	(von Bahr & Kärrman, 2019) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(von Bahr & Kärrman, 2019) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(von Bahr & Kärrman, 2019) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(von Bahr & Kärrman, 2019) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)
Phos4Life (Tecnicas)	(Representant från Tecnicas Reunidas, 2023)	(von Bahr & Kärrman, 2019)	(von Bahr & Kärrman, 2019)	(von Bahr & Kärrman, 2019)

Teknik (företag)	Beskrivning	Näringsämne	Realisering/kommersialisering	Land
Reunidas och ZAR)		(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)
Susphos	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)

Teknik (företag)	Beskrivning	Näringsämne	Realisering/kommersialisering	Land
NyReSys	(Representant från NyReSys, 2023) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(Representant från NyReSys, 2023) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(Representant från NyReSys, 2023) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	
Aqua2N (EasyMining)	(Representant från EasyMining, 2022)	(Representant från EasyMining, 2022)	(Representant från EasyMining, 2022)	(Representant från EasyMining, 2022)
RAVITA (HSY)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022) (von Bahr & Kärman, 2019)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022) (von Bahr & Kärman, 2019)	(Malovanyy, o.a., 2022) (von Bahr & Kärman, 2019)	(Malovanyy, o.a., 2022) (von Bahr & Kärman, 2019)
Pearl/DHV/P-RoC/PRISA/Struvia/RePhos/PhosPaq/eco:P/PhosphoGREEN	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022) (von Bahr & Kärman, 2019)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022) (von Bahr & Kärman, 2019)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022) (von Bahr & Kärman, 2019)	
Ostara WASSTRIP	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)

Teknik (företag)	Beskrivning	Näringsämne	Realisering/ kommersialisering	Land
		Plattform, 2022)		

Teknik (företag)	Beskrivning	Näringsämne	Realisering/ kommersialisering	Land
Clean ammonia, fx SKREI i Norge (Yara)	(Representant från Yara, 2023) (Yara, u.d.)	(Representant från Yara, 2023)	(Representant från Yara, 2023)	(Representant från Yara, 2023)
QuickWash (Renewable Nutrients)	(Representant från Renewable Nutrients, 2023) (European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(Representant från Renewable Nutrients, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(Representant från Renewable Nutrients, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(Representant från Renewable Nutrients, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)
Ductor process (DUCTOR)	(European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022) (Ductor, 2023)	(European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)
AMFER (Colsen)	(Representant från Colsen, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(Representant från Colsen, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(Representant från Colsen, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(Representant från Colsen, 2023) (European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)
AgroAmerica (VP Hobe)	(VP Hobe, 2023)	(VP Hobe, 2023)	(European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Plattform, 2022)
Atmonia System (Atmonia)	(Representant från Atmonia, 2023)	(Representant från Atmonia, 2023)	(Representant från Atmonia, 2023)	(Representant från Atmonia, 2023)
Tracegrow	(Representant från Tracegrow, 2023)	(Representant från Tracegrow, 2023)	(Representant från Tracegrow, 2023)	(Representant från Tracegrow, 2023)
Valuewaste (Cetenma)	(Representant från Cetenma, 2023)	(Representant från Cetenma, 2023)	(Representant från Cetenma, 2023)	(Representant från Cetenma, 2023)

Teknik (företag)	Beskrivning	Näringsämne	Realisering/ kommersialisering	Land
CCm Technologies	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022)
Group Fertiberia	(Representant från Group Fertiberia, 2023)	(Representant från Group Fertiberia, 2023)	(Representant från Group Fertiberia, 2023)	(Representant från Group Fertiberia, 2023)
Power-to-X (European Energy)	(Representant från European Energy, 2023)	(Representant från European Energy, 2023)	(Representant från European Energy, 2023)	(Representant från European Energy, 2023)
C-green	(Representant från C-green, 2023)	(Representant från C-green, 2023)	(Representant från C-green, 2023)	(Representant från C-green, 2023)
N2 Applied	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022) (Representant från N2 Applied, 2023)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022) (Representant från N2 Applied, 2023)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022) (Representant från N2 Applied, 2023)	(European Sustainable Phosphorus Platform, 2022) (Representant från N2 Applied, 2023)



Jordbruks verket

Jordbruksverket

551 82 Jönköping

Telefon 036-15 50 00 (vx)

jordbruksverket@jordbruksverket.se

www.jordbruksverket.se

ISSN 1102-3007 · ISRN SJV-RXX/XX SE ·RA: XXXX:XX