



Baltic
Stewardship
Initiative



Europeiska jordbruksfonden för
landsbygdsutveckling: Europa
investerar i landsbygdsområden

ÖKAD CIRKULARITET OCH MINSKAD ÖVERGÖDNING

POTENTIALEN I SVENSKT LANTBRUK OCH LIVSMEDELSKEDJA

INNEHÅLL

Om denna rapport	3
1/ Sammanfattning och diskussion	4
2/ Bakgrund och syfte	9
3/ Flödet av kväve och fosfor i den svenska livsmedelskedjan	12
4/ Åtgärder för att nå lantbrukets övergödningsbeting	21
5/ Potentialen för en mer effektiv och cirkulär användning av växtnäring	26
6/ Potentialen för att minska mängden importerat djurfoder	35
7/ Synergier och målkonflikter med andra hållbarhetsaspekter	37
8/ Ekonomiska konsekvenser	39
9/ Rekommendationer till livsmedelskedjans aktörer	42
10/ Behov av mer kunskap	45
Referenser	47

OM DENNA RAPPORT

Syftet med denna rapport är att ge en kunskapsbaserad grund och vägledning för Baltic Stewardship Initiative samt för livsmedelskedjans aktörer i stort för att de ska kunna bidra till en minskad övergödning och bättre hushållning med växtnäring. Rapporten vänder sig även till beslutsfattare på lokal, regional och nationell nivå.

Rapportens har tagits fram på uppdrag av Världsnaturfonden WWF och Baltic Stewardship Initiative av Mats Johansson och Simon Magnusson på Ecoloop i samarbete med Håkan Jönsson på SLU. Världsnaturfonden WWF har ansvarat för redigering och layout av rapporten.

Rapportens innehåll bygger på befintliga rapporter, sammanställningar och statistik men i vissa fall har nya beräkningar och antaganden gjorts. För kvantifiering av näringsflöden har ett angreppssätt liknande det för materialflödesanalyser och massbalanser används, där man skiljer på inflöden i det betraktade systemet, utflöden, förändring i lager och även interna flöden i systemet. Information har till stor del samlats in från befintliga publikationer samt sammanställningar med hög trovärdighet och mest aktuell information, som till exempel SCB:s regelbundna beräkningar av växtnäringsbalanser för svensk åkermark. För kvantifiering av potential för åtgärder för att öka cirkuleringen av näringsämnen och minska näringsläckage har data samlats in så hög grad som det går från befintliga rapporter. Så långt som det varit möjligt har statistik och förstahandskällor för flödenas storlek och för åtgärdspotentialer använts men i vissa fall har egna beräkningar och antaganden gjorts. Där beräkningar eller antaganden gjorts har detta angetts. Där författarnas egna bedömningar eller kommentarer förs fram har detta tydligt angetts. I det fall det finns skilda uppfattningar kring en viss fråga eller om det råder kunskapsbrist eller stora osäkerheter har detta redovisats. De siffror som presenteras är alla behäftade med olika grad av osäkerhet där vissa data har uppmätts med hög noggrannhet och andra är mer osäkra. Osäkra data har tagits med om de ändå möjliggör att visa på storleksordningar och inbördes relationer.

MAJ 2021



OM BALTIC STEWARDSHIP INITIATIVE, BSI

Baltic Stewardship Initiative samlar sedan hösten 2020 aktörer från den svenska livsmedelskedjan för att med gemensamma krafter minska näringsläckaget till våra vattendrag, sjöar och hav samt öka cirkulationen av växtnäring. Initiativet har också som målsättning att stärka det "östersjövänliga" och cirkulära lantbrukets konkurrenskraft. Detta som en förutsättning för att vi ska nå Sveriges övergödningmål samt bättre hushålla med växtnäringen uppe på land.

Initiativet drivs av Världsnaturfonden WWF i samarbete med LRF och Lantmännen och finansieras med stöd från Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling via Jordbruksverkets Landsbygdsprogram. BSI startar i Sverige men har som målsättning att längre fram även engagera nyckelaktörer från andra länder runt Östersjön.

1/ SAMMANFATTNING OCH DISKUSSION

Denna rapport har som syfte att ge en kunskapsbaserad grund och vägledning för Baltic Stewardship Initiative samt för livsmedelskedjans aktörer i stort genom att:

- Beskriva hur flödet av kväve och fosfor i den svenska livsmedelskedjan ser ut baserat på ett antal utvalda nyckeltal.
- Beskriva hur det svenska lantbruket kan:
 - minska sina utsläpp av växtnäring så att dess nationella övergödningsbeting nås, samt
 - bli en del av en mer cirkulär livsmedelskedja med avseende på växtnäring.
- Visa synergier och målkonflikter mellan ovan åtgärder och andra hållbarhetsaspekter som till exempel klimat, biologisk mångfald, vatten i landskapet och en giftfri miljö.
- Diskutera ekonomiska konsekvenser av åtgärderna.
- Ge rekommendationer till livsmedelskedjans aktörer.

Analysen och beräkningarna omfattar inte förändringar med avseende på vad och hur mycket det svenska lantbruket producerar.

Nedan sammanfattas rapportens resultat och slutsatser samt de rekommendationer som riktas till livsmedelskedjans aktörer.

ÅTGÄRDER FÖR ATT NÅ LANTBRUKETS ÖVERGÖDNINGSBETING

Sveriges Vattenmyndigheter har föreslagit ett antal prioriterade åtgärder inom lantbruket för att Sveriges övergödningsmål ska kunna nås. Dessa åtgärder omfattar strukturstyrning av åkermark, anläggning av våtmarker, skyddszoner, tvåstegsdiken och kalkfilterdiken, odling av fånggrödor samt bearbetning av åkermarken på våren istället för på hösten. De prioriterade åtgärderna förväntas kunna täcka in cirka 80% av jordbrukets åtgärdsbehov för fosfor och 50% för kväve.

Vattenmyndigheternas prioriterade åtgärder, om de genomförs fullt ut, tar oss med andra ord en bra bit på vägen för att nå jordbrukets övergödningsbeting men måste kompletteras med åtgärder som optimerar lantbrukets tillförsel av växtnäring i form av mineral- och stallgödsel till åkermarken. Detta gäller särskilt kväve där de prioriterade åtgärderna endast täcker in hälften av åtgärdsbehovet. Här tyder flera bedömningar på att precisionsodling kan bli en viktig pusselbit som kanske till och med räcker för att nå hela vägen fram. Precisionsodling måste föregås av bedömningar av gödslingsbehovet vilket innebär att användning av verktyg som kvävesensorer, växtnäringsbalanser och gödselplaner också är viktiga kompletterande åtgärder.

I ljuset av att Sveriges livsmedelsstrategi syftar till att öka Sveriges livsmedelsproduktion är det dock möjligt att övergödningsbetinget enbart kan nås om det även sker en förändring i vad jordbruket producerar.

POTENTIALEN FÖR EN MER EFFEKTIV OCH CIRKULÄR ANVÄNDNING AV VÄXTNÄRING

Mineralgödsel

Den omfattande användningen av mineralgödsel innebär att stora mängder ny växtnäring tillförs det svenska lantbruket årligen. Jämfört med kvävefixering är mängden kväve i mineralgödsel ungefär 4 gånger så stor och jämfört med stallgödsel ungefär 6 gånger så stor. Tillförseln av fosfor via mineralgödsel är också betydande och ungefär lika stor som den via stallgödsel.

Miljömålsberedningen menar i sitt senaste betänkande (SOU 2020:83) att för att minska övergödningssproblem på lång sikt och säkerställa ett hållbart nyttjande av naturresurser, behöver användningen av jungfrulig fosfor och nyproducerat kväve minska och en större andel återvunnen fosfor och kväve återföras till jordbrukets livsmedelsproduktion.

En viktig del av en mer cirkulär livsmedelskedja är att kunna återföra den växtnäring som finns i de livsmedel som vi konsumerar. Som andel av näringen som kommer till reningsverken återfördes 2018 ungefär 9% av kvävet och ca 40% av fosfor till åkrar.

Inom ramen för dagen avloppssystem, kompletterat med förbränning med fosforutvinning samt utvinning av kväve ur rejektivatten, kan upp till ca 20 % av kvävet och ca 90 % av fosfor som kommer till reningsverken återföras till åkermark. För fosfor skulle det antingen kunna ske i form av en kombination av slam samt av rena fraktioner av utvunnen fosfor från vilket en mineralgödsel framställs, eller enbart av det senare.

Om hela Sveriges avloppssystem successivt skulle byggas om under de kommande 50 till 100 åren till ett system som källsorterar allt toalettavlopp, skulle en närmare 100% återföring av både kväve och fosfor från toalettavfallet vara möjlig. Även kalium och andra näringsämnen skulle då också kunna återföras.

Mängden växtnäring som används i form av mineralgödsel är dock betydligt större än den i toalettavfallet och därför skulle recirkulerade avloppsfractioner maximalt kunna ersätta ca 25% av mineralkvävet och ca 36% av mineralfosfor som idag används i lantbruket. Om vi lägger till potentialen för en ökad återföring av matavfall från hushåll, restauranger, storkök, slakterier och livsmedelsindustrin skulle vi i framtiden kunna ersätta ca 30% av det mineralkväve och ca 41% av den mineralfosfor som användes 2018/19. Om vi istället ser till det totala gödslingsbehovet i det svenska lantbruket, det vill säga inte enbart till användningen av mineralgödsel, skulle en optimal fördelning av stallgödsel och källsorterat toalettavfall helt i enlighet med gödslingsbehovet kunna täcka ca 81% av gödslingsbehovet av kväve och ca 52% av fosfor. Andelen blir ytterligare lite högre om vi som ovan lägger till återföring av växtnäringen i matavfall.

En förutsättning för att ovan ska vara möjligt utan att äventyra Sveriges miljömål "En giftfri miljö" är att återförda fraktioner har en hög kvalitet med avseende på miljö- och hälsofarliga ämnen. Vad som utgör en tillräckligt hög kvalitet råder det delade meningar om bland livsmedelskedjans aktörer, myndigheter och intresseorganisationer.

Om lantbruket ska minska sitt beroende av importerad mineralgödsel ytterligare måste lantbruket förmodligen även ändras sett till vad som produceras, hur det produceras samt hur mycket som produceras, något som dock inte analyserats i denna rapport.

Djurfoder

Importerat djurfoder utgör ett annat stort inflöde av ny växtnäring till det svenska lantbruket. En ökad inhemsk produktion av foder inklusive utökat bete skulle kunna leda till ett minskat behov av import och därmed inflöde av ny växtnäring. Det saknas dock kvantitativa uppskattningar av hur stor denna potential är. Det är också så att en minskad import av foder, som till stor utsträckning utgörs av proteinfodermedel, skulle kunna få stora konsekvenser för det svenska lantbrukets produktionsmix, som också kan ha effekter på lantbrukets läckage av växtnäring vilket diskuteras i viss detalj i denna rapport.

SYNERGIER OCH KONFLIKTER MED ANDRA HÅLLBARHETSASPEKTER

Det finns flera synergier mellan mer cirkulära flöden av växtnäring i livsmedelskedjan och andra hållbarhetsaspekter. Till exempel kan en stor del av lantbrukets klimatpåverkan kopplas till flödet av kväve inom lantbruket. Det är också så att flera av de åtgärder som kan minska utsläppen av kväve och fosfor även, om rätt utformade, kan bidra till minskad klimatpåverkan, förbättrad klimatanpassning och ökad biologisk mångfald. En minskad övergödning av vattendrag, sjöar och hav har därtill en avgörande betydelse för den biologiska mångfalden i dessa ekosystem.

Men det finns också möjliga konflikter med andra hållbarhetsmål, främst kopplat till miljö- och hälsofarliga ämnen. Återföring av växtnäring försvåras av att växtnäring kontamineras med bland annat tungmetaller och organiska föroreningar när toalettavfall når reningsverken som också tar emot många andra avloppsflöden från samhället.

Som redan antytts ovan finns det även en potentiell målkonflikt mellan Sveriges ambition att bli mer självförsörjande med livsmedel och minskad övergödning. Om vi skalar upp produktionen som den ser ut idag, skulle en ökad inhemsk matproduktion leda till ökade utsläpp av gödande växtnäringssämnen i Sverige (men minskade i andra länder). Å andra sidan skulle en ökad självförsörjning av växtnäring och djurfoder minska vår sårbarhet i tider där den internationella handeln störs.

EKONOMISKA KONSEKVENSER

Även om de offentliga stöden och ersättningarna kommer att täcka en betydande del av lantbrukets kostnader för att genomföra Vattenmyndigheternas prioriterade åtgärder för att minska övergödningen av vattendrag, sjöar och hav måste kvarvarande del täckas av lantbrukarna själva. Då svenska lantbrukare redan är under kostnadspress är en viktig förutsättning för en bredare spridning av dessa åtgärder att lantbrukaren som lägst kan uppnå kostnadstäckning, och som bäst en ökad lönsamhet, via marknaden. Detta skulle till exempel kunna ske via existerande certifieringar, företagens premieprogram eller andra nya sätt.

På samma sätt kan marknaden driva på åtgärder som ökar återföringen av växt-näring inom och tillbaka till lantbruket, ett område där det dessutom finns ett stort behov av teknikutveckling och det ofta saknas offentligt stöd och ersättningar via EU och Sveriges Landsbygdsprogram.

Om livsmedelsföretagen gör växtnäring till en prioriterad fråga, där de också ser kopplingen till klimat och biologisk mångfald som ligger högre upp på företagens hållbarhetsagendor, kan de bli en stark drivkraft för att stödja och skynda på utvecklingen av ett mer Östersjövänligt och cirkulärt lantbruk.

På kommunal och regional nivå kan kommuner och landsting göra specifika satsningar med offentliga medel, till exempel rörande sina inköp av livsmedel. Det är också kommuner som har rådighet över avlopssystemen som utgör en viktig nyckel i arbetet att åstadkomma en cirkulär livsmedelskedja.

REKOMMENDATIONER TILL LIVSMEDELSKEDJAN AKTÖRER

Nedan återges i punktform ett antal rekommendationer riktade till livsmedelskedjans aktörer. Dessa beskrivs mer utförligt i slutet av rapporten.

- Verka för ett "Gödsellyft" genom att skapa resurser för såväl teknik-utveckling som investeringar i framtidens gödselhantering. Detta skulle kunna inkludera koncentrerad och utvinning av växtnäring, volymreducering och biogasproduktion för stallgödsel, inklusive hästgödsel.
- Stärk och sprid Greppa näringens arbete med växtnärbalanser
- Premiera återvunnen gödsel och god växtnärbshantering
- Utveckla proaktivt förhållningssätt till användning av nya avloppsfraktioner
- Adressera avloppssystemets hantering av växtnäring som en helhet
- Utveckla kommunernas planering och målbete vad gäller växtnäring
- Lär av matavfallet

BEHOV AV MER KUNSKAP

I arbetet att ta fram denna rapport har ett antal områden identifierats där det behövs mer kunskap:

■ **KARTLÄGGNING AV VÄXTNÄRINGSFLÖDENA I LIVSMEDELSSEKTORN:** Det behövs en helhetsbild av hur växtnärbingsflödena i livsmedelssektorn ser ut för att utifrån det utveckla möjliga åtgärder och strategier. Här finns det växtnärbingsflöden där kunskapen är särskilt bristfällig, som till exempel inhemskt producerat och importerade foder samt import och export av livsmedel.

■ **NATIONELLA MILJÖRÄKENSKAPER FÖR VÄXTNÄRING:** På samma sätt som livsmedelsbranschen behöver skaffa sig en bättre bild, behöver nationella myndigheter utveckla och sprida kunskap om hur växtnärbingsflöden ser ut i samhället som helhet genom att etablera nationella miljöräkenskaper för växtnäring. Detta för att kunna utveckla effektiv styrning och mäta utvecklingen mot ökad cirkularitet och hållbarhet.

■ **MODELLER FÖR ATT BERÄKNA OCH BESKRIVA VÄXTNÄRINGSFLÖDEN PÅ AVRINNINGSOMRÅDESNIVÅ:**

När vi utvecklar styrmedel och åtgärder för att minska de övergödande utsläppen behöver vi också ha kunskap och data om olika sektors verkliga utsläpp till vatten. För att kunna identifiera och föreslå kostnadseffektiva åtgärder bör därför de transport- och retentionsmodeller som nu tas fram för avrinningsområden kompletteras med beräkningar av samhällets växtnärsflöden.

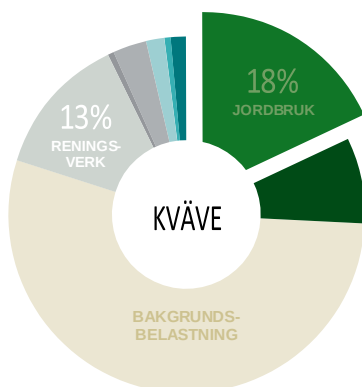
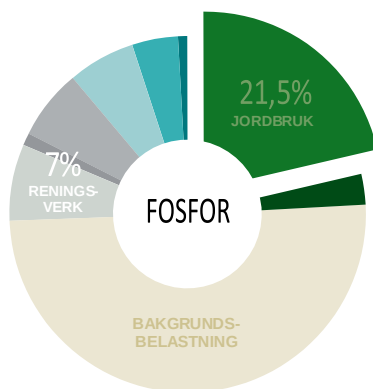
■ **POTENTIALEN I EN EFFEKTIVARE HÄSTGÖDSELHANTERING:** Ett område som är särskilt eftersatt är hästgödsel och hästfoder. Här behöver statistiken utvecklas liksom kunskapen ökas om i vilken grad växtnäring idag återförs till lantbruket, hur stor potentialen för återföring är samt i vilken grad hästverksamhet bidrar till övergödning.



2/ BAKGRUND OCH SYFTE

Östersjön är ett av världens mest övergödda hav. Länderna runt Östersjön har samarbetat sedan 70-talet för att minska utsläppen av näringsämnen vilket har givit resultat. Sedan 1995 har kvävetillförseln minskat med 22% och fosfortillförseln med 33%. Men för att uppnå de mål som länderna enats kring måste kvävetillförseln minska med ytterligare 12% och fosfor med 55%. (Östersjöcentrum, 2018)¹.

Liksom i övriga länder runt Östersjön är jordbruket den största av människan orsakade utsläppskällan av växtnäring, följt av utsläpp från avloppsreningsverk². Båda dessa kopplar till vår produktion och konsumtion av livsmedel.



KÄLLA: SVENSKA MILJÖMÅLEN

◀ **FIGUR.** Antropogena källor för svenska utsläpp av kväve och fosfor till Östersjön.

Människans påverkan på kväve- och fosforflöden är även viktiga sett från ett globalt perspektiv. Dessa flöden utgör en av de nio planetära gränser som identifierats av forskare och där vi redan kraftigt överskridit och lämnat de säkra nivåer vi behöver befinna oss inom för att våra ekosystem långsiktigt ska överleva (Rockström et al. 2009).

Enligt rapporten Our nutrient world (Sutton et al. 2013) så finns det fem huvudsakliga hot som direkt kopplar till växtnäringshantering på global, nationell och regional/lokal nivå – som också tydligt visar hur växtnäringsfrågan kopplar till klimat och biologisk mångfald:

- 1) Vattenkvalitet** – vilket inkluderar så kallade döda zoner med syrefritt vatten, fiskdöd, algbloomingar i kust- och sötvatten, nitratförorening av grundvatten och ytvatten och medföljande dålig kvalitet på dricksvattentäkter. Allt detta beror på övergödning vilket i sin tur orsakas av utsläpp av reaktivt kväve och fosfor.
- 2) Luftkvalitet och hälsoeffekter** – vilka i hög grad påverkas av utsläpp av kväveoxider (NOx) samt ökande koncentrationer av marknära ozon vilka också är kopplade till NOx-utsläpp.
- 3) Klimatpåverkan** – inklusive utsläpp till luft av lustgas (N₂O) samt interaktion med andra former av reaktivt kväve (Nr) och troposfäriskt (marknära) ozon (O₃), partiklar och atmosfärisk deposition av Nr. N₂O är samtidigt den största orsaken till nedbrytning av stratosfärisk ozon vilket ökar risken för hudcancer på grund av inkommande UV-strålning. I Sverige står jordbruket för cirka 16% av växthusgasutsläppen. Utsläppen från jordbruket kommer främst från växtodling och djurhållning där en stor del kommer från biologiska processer, såsom lustgas från marken och metan från djur.
- 4) Ekosystem och biologisk mångfald** – överskott av växtnäring medför övergödning framförallt av vattenmiljöer. I akvatiska och marina system så hotas många arter som lever i näringsfattiga miljöer. Detta ser vi i hög grad i Sveriges sjöar och i Östersjön och Västerhavet.

¹ Policy brief, gödselåtervinning (su.se)

² Näringsbelastningen på Östersjön och Västerhavet 2017, Sveriges underlag till HELCOM:s sjunde Pollution Load Compilation, Havs- och Vattenmyndigheten.



5) Jordens bördighet – övergödning och för stor atmosfärisk deposition av kväve till försurning av naturmark och jordbruksmark, samtidigt som underskott på reaktivt kväve och fosfor leder till att jordkvaliteten försämras, vilket kan förstärkas av att mikronäringsämnen också är i underskott. Detta kan i sin tur leda till försämrad bördighet och även erosion¹.

Utveckling mot förbättrade kretslopp av växtnäring kommer inte automatiskt resultera i minskad övergödning, men på lång sikt innebär en mer effektiv användning av näringsämnen att överskottet av näringsämnen i omlopp minskar och med det också risken för förluster och storleken på läckaget, liksom risken för upplagring av näringsämnen på oönskade ställen, som sediment.

I *Our nutrient world* presenteras tre generella principer för styrning av växt-näringsflödet i samhället vilka är relevanta för hur vi i Sverige och kring Östersjön ska utveckla effektiv styrning och genomföra åtgärder som ökar recirkulationen av växtnäring och samtidigt minskar övergödningen:

- undvik överskott av näringsämnen och öka återanvändningen av näringsämnen från andra flöden i samhället,
- återanvänd näringsämnen inom lantbrukssystemet,
- minska utsläppen till vatten och luft från lantbrukssystem och samhällssystemet.

Miljömålsberedningen utvecklar i sitt senaste betänkande (SOU 2020:83) resonemang som i hög grad liknar ovanstående. De menar att för att minska övergödningss-problem på lång sikt och säkerställa ett hållbart nyttjande av naturresurser, behöver användningen av jungfrulig fosfor och nyproducerat kväve minska och en större andel återvunnen fosfor och kväve återföras till jordbrukets livsmedelsproduktion.

¹ Sutton et al. 2013. *OUR NUTRIENT WORLD: THE CHALLENGE TO PRODUCE MORE FOOD AND ENERGY WITH LESS POLLUTION* United Nations Environment Programme; Global Partnership on Nutrient Management ; International Nitrogen Initiative.

I sitt betänkande (SOU 2020:83) skriver man bland annat:

”Det behövs ett långsiktigt och samordnat arbete för att minimera problemet med övergödningen av kust och hav genom att:

1. styra mot cirkulära flöden av fosfor och kväve,
2. öka återföringen av och effektiviteten vid användningen av växtnäringsämnen,
3. stärka åtgärdsarbetet för att minimera tillförsel av fosfor och kväve till vatten och hav samt,
4. utveckla kust- och havsmiljöförvaltningen för att minska effekterna av övergödningen på arter och livsmiljöer, snabba på återställningstakten och öka havets resiliens”.

Växtnäringsfrågan är med andra ord både en viktig och mångfasetterad hållbarhetsfråga där livsmedelskedjans aktörer har en viktig roll att spela.

Denna rapport har som syfte att ge en kunskapsbaserad grund och vägledning för Baltic Stewardship Initiative samt för livsmedelskedjans aktörer i stort genom att:

- Beskriva hur flödet av kväve och fosfor i den svenska livsmedelskedjan ser ut baserat på ett antal utvalda nyckeltal.
- Beskriva hur det svenska lantbruket kan:
 - minska sina utsläpp av växtnäring så att dess nationella övergödningsbeting nås, samt
 - bli en del av en mer cirkulär livsmedelskedja med avseende på växtnäring.
- Visa synergier och målkonflikter mellan ovan åtgärder och andra hållbarhetsaspekter som till exempel klimat, biologisk mångfald, vatten i landskapet och en giftfri miljö.
- Diskutera ekonomiska konsekvenser av åtgärderna.
- Ge rekommendationer till livsmedelskedjans aktörer.

Analyser och beräkningar omfattar inte förändringar med avseende på vad och hur mycket det svenska lantbruket producerar.



3/ FLÖDET AV KVÄVE OCH FOSFOR I DEN SVENSKA LIVSMEDELSKEDJAN

Detta avsnitt beskriver hur ett antal utvalda flöden av kväve och fosfor kopplat till den svenska livsmedelskedjan ser ut idag. Informationen är sammanställd i tabell 1. Flödena har valts ut med utgångspunkt från en rapport som WWF tog fram inför uppstarten av Baltic Stewardship Initiative som beskriver flödet av växtnäring i hela Östersjöregionen¹.

Uppgifter om de olika flödenas storlek kommer i hög grad från offentlig statistik, litteratur samt (gäller enbart för fosfor, dylika saknas för kväve) mer heltäckande flödesanalyser som gjorts med delvis annan indelning och kategorisering av flöden. Detta gör att de flöden som presenteras i detta avsnitt inte direkt kan summeras då detta skulle medföra dubbelräkning av vissa flöden. I de fall det saknas information har i flera fall egna beräkningar gjorts.

Tabell 1 med tillhörande grafik visar bland annat att:

- Mineralgödsel utgör den enskilt största tillförseln av kväve till åkermarken. Jämfört med kvävefixering är den ungefär 4 gånger så stor och med stallgödsel ungefär 6 gånger så stor. Tillförseln av fosfor via mineralgödsel är också betydande och ungefär lika stor som den via stallgödsel.
- Mängden kväve och fosfor i importerat djurfoder är ungefär lika stor som den i det inhemska fodret (inkluderar inte grovfoder), medan mängden växtnäring i det som djuren betar (enbart fosfor har kunnat kvantifieras) är ungefär lika stort som det inhemska och importerade fodret tillsammans.
- En betydande del av framförallt det kväve som tillförs åkermarken går förlorad i form av läckage till vattendrag och luft.
- Ungefär 40% av såväl kvävet (ca 2 000 av 4 850 ton) som fosfor (ca 200 av 500 ton) i livsmedelsavfallet från hushåll, restauranger och storkök återförs till jordbruket i form av biogödsel.
- Ungefär 8% av kvävet (3 200 av 41 100 ton) och ca 35% (1 900 av 5 500 ton) av fosfor som hamnar i våra reningsverk återförs idag till lantbruket i form av avloppsslam.

¹ Metabolic, 2020. *The Potential for a Circular Agri-Food System – An analysis of nitrogen and phosphorus flows in the Baltic Sea catchment area. Rapport framtagen på uppdrag av WWF Världsnaturfonden.* <https://www.metabolic.nl/projects/towards-a-circular-agri-food-system-in-the-baltic/>

TABELL 1. Utvalda kväve- och fosforflöden i ton per år. Då information är inhämtad från olika källor med delvis olika systemavgränsning och kategorisering av flöden kan siffrorna i tabellen inte summeras. Egna beräkningar redovisas i slutet av detta avsnitt.

FLÖDE	Kväve (ton)	Fosfor (ton)
Kväve och fosfor som tillförs åkermarken		
Mineralgödsel (SCB 2020a)	181 000	14 000
Stallgödsel ^a (SCB 2020a)	30 200	17 100
Biogödsel ^b (SCB 2020a)	3 600	800
Övriga organiska gödselmedel ^c (SCB, 2020a)	2 800	1 340
Kvävefixering (SCB 2018)	43 000	–
Deposition ^d (SCB 2018)	16 000	900
Utsäde (SCB 2018)	4 800	830
Betesgödsel ^e (SCB 2018)	35 000	5 800
Avloppsslam (Revaq, 2019)	3 200	1 900
Kväve och fosfor som tillförs den svenska djurhållningen		
Bete ^f (kväve: data och beräkning saknas, fosfor: Wikberg, 2019)	–	12 900
Foderspannmål som inte ingår i handel (data och beräkningar saknas)	–	–
Inhemskt foder ^g (kväve: egen beräkning, fosfor: Wikberg, 2019)	24 000	5 900
Importerat foder (egen beräkning)	26 500	5 300
Kväve och fosfor som tas upp av grödor samt som läcker till hydrosfär (vattenmiljö) och atmosfär (luft)		
Upptag av grödor ^h (SCB 2018)	250 000	36 000
Som läcker till hydrosfär (SCB 2018)	48 000	1 500
Till atmosfär som ammoniak ⁱ (SCB 2018)	39 000	–
Till atmosfär genom denitrifikation ^j (SCB 2018)	12 000	–
Kväve och fosfor i livsmedel		
Importerade livsmedel (kväve: egen beräkning, fosfor: Lorick 2019)	64 000	6 200
Exporterade livsmedel (kväve: egen beräkning, fosfor: Lorick 2019)	67 000	8 500
Livsmedel som konsumeras (egna beräkningar) ^k	46 000	5 100
Kväve och fosfor i livsmedelsavfall		
Livsmedelsavfall från hushåll, handel, restaurang etc. ^l (egen beräkning).	4 850	500
Livsmedelsavfall från livsmedelsindustri och slakterier. (egen beräkning).	2 000	200
Kväve och fosfor i livsmedelsavfall som återförs till lantbruket		
Biogödsel från matavfall från hushåll, handel, restaurang etc. (egen beräkning, ingår i totala biogödselflödet ovan)	2 000	200
Biogödsel från livsmedelsindustri- och slakteriavfall (egen beräkning, ingår i total mängd för biogödsel till åkermark ovan)	2 000	200
Från handel och distribution i annan form än biogödsel (data och beräkning saknas) ^m	–	–
Matavfall från hushåll, handel, restaurang etc. via rötslam från reningsverk. (egen beräkning, ingår i totala biogödselflödet ovan)	110	20
Matavfallskompost med centralt komposterat material och hemkompost (egen beräkning)	148	25
Kväve och fosfor i avloppsvatten och olika avloppsfraktioner		
Avloppsvatten till kommunala reningsverk ⁿ (Jönsson, 2019; SCB 2018c)	41 100	5 500
Klosettwater alla boende enskilt + kommunalt avlopp ^o (Jönsson, 2019)	46 100	5 100
BDT-vatten alla boende enskilt + kommunalt avlopp (egen beräkning)	5 230	550

a) Omfattar djurens träck och urin uppsamlad i lantbrukets stallar, samt hästgödsel som spreds på lantbruksföretag.

b) Diskrepansen är mycket stor mellan de flöden av kväve och fosfor som SCB (2020a) ger för biogödsel och de som Jönsson (2019) räknade ut för all samrötning i Sverige utifrån uppgifter i SPCR (2018), att all biogödsel innehöll 8 470 ton totalkväve, varav 5290 ton växttillgängligt, och 860 ton fosfor år 2017. Biogödseln producerades av 2018 stallgödsel (34%), matavfall från Sverige (23%), importerat matavfall (2%), livsmedelsindustriavfall (11%), slakteriavfall (12%) och övrigt (18%) (SPCR 2018).

c) Övriga organiska gödselmedel ska inkludera rötslam, vinass, kött- och benmjöl mm. Denna uppgift går ej alls ihop med mängden växtnäring i spritt slam enligt Revaq (2019) som redovisas längre ner i tabell 1.

d) Deposition från atmosfären kommer bland annat från utsläpp från förbränningsanläggningar, industrier och fordon, men också från ammoniakutsläpp från gödsel.

e) Betesgödsel utgörs av den gödsel som hamnar på åkermarken när djuren betar. Av betande mjölkkor producerade gödsel under betesperioden har 38% antagits hamna i stallet och resterande 62% antas hamna på betesmarken. Näringsmängden i betesgödseln på varje gård har sedan fördelats på slåttervall, betesvall och betesmark (SCB 2018a).

F) fosfor per år från betesmarken vilket är mer än dubbelt så mycket fosfor som finns i den betesgödsel som hamnar på betesmarken när djuren betar. Det är en stor diskrepans mellan dessa båda bedömningar av flödets storlek.

g) Det verkar finnas stor osäkerhet och en trolig underskattning av mängden inhemskt foder då en överslagsräkning utifrån mängden fosfor som finns i stallgödsel (ca 13 500 ton) och i importerat foder (ca 5 300 ton) ger att inhemskt foder borde uppgå till minst 8 200 ton.

h) Enligt SCB (2018) beräknas totalfosforbortförsel år 2016 via grödor och skörderester som tas från fälten ha uppgått till omkring 36 000 ton vilket är ungefär lika stor som tillförseln av fosfor till åkermark, nationellt sett (SCB 2018a). På djurintensiva gårdar (> 1 djurenhet per ha) sker det fortsatt en viss upplagring av fosfor. Denna upplagring har minskat till ca 4 kg fosfor per ha år 2016, från att ha varit 8 kg per ha år 2007 (SCB 2018a). På rena växtodlingsgårdar har däremot fosforbalansen länge varit negativ. År 2016 var den -2 kg fosfor per ha (SCB 2018a).

i) Källorna till dessa ammoniakutsläpp är mineral-, stall- och betesgödsel, slam och jordförbättringsmedel.

j) Kväve i jordbruksmark kan avgå till luften genom denitrifikation som innebär att bakterier omvandlar nitratkväve till kvävgas eller lustgas.

k) Antas motsvara innehållet i klosettvattnen.

l) Kväve och fosfor i allt livsmedelsavfall i hushållen innan insamling/hantering.

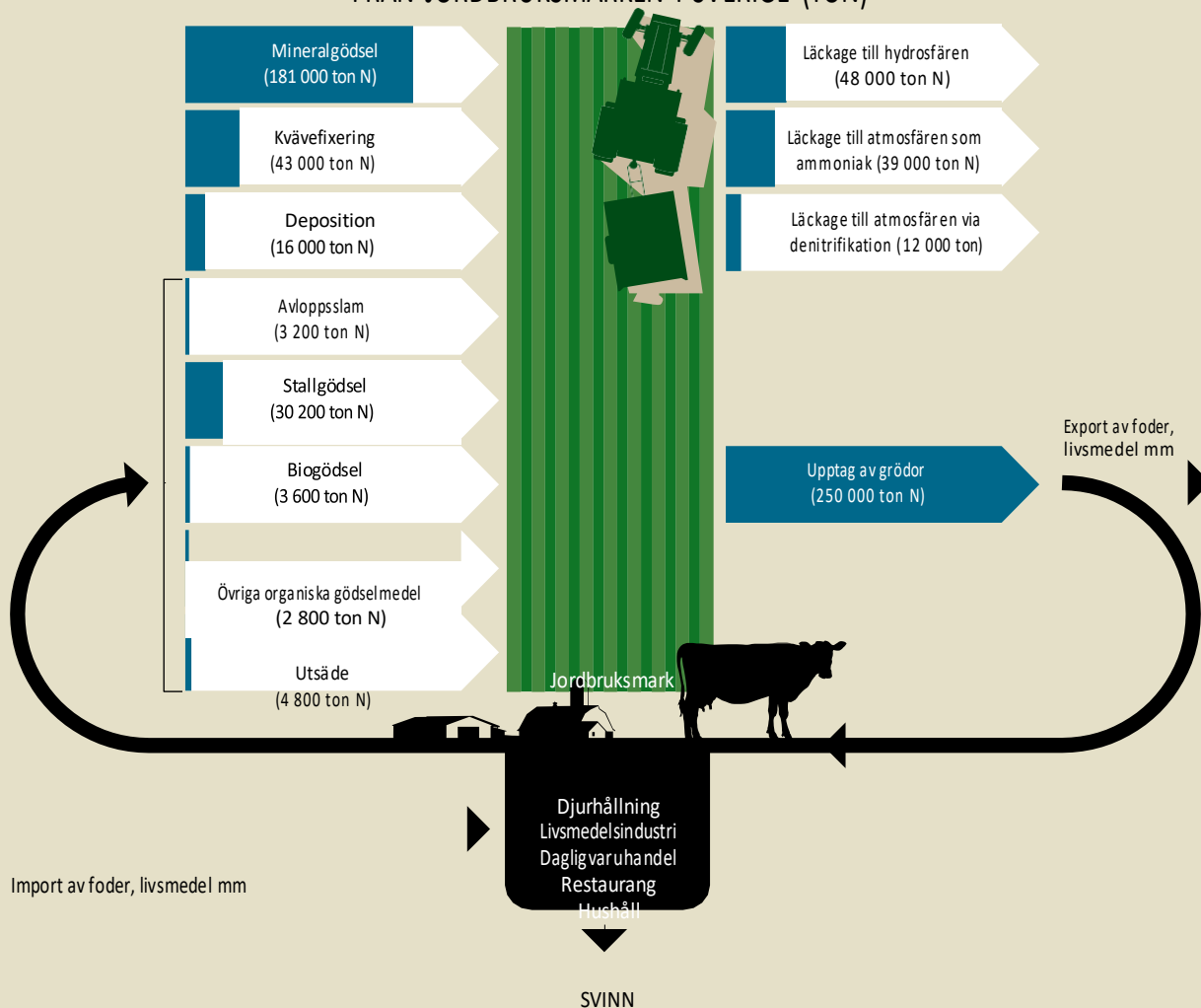
m) Enligt Naturvårdsverket (2018) uppgick mängden livsmedelsavfall från handel och distribution år 2016 till omkring 30 000 ton per år. Man kan anta att stora delar av detta tas om hand och behandlas biologiskt till exempel via kompostering eller rötning till biogödsel. Ingen data, statistik eller litteratur har dock påträffats för hur stor andel som recirkuleras till lantbruket i annan form än biogödsel.

n) Avloppsvatten till kommunala reningsverk: Avloppsvatten består av dels spillvatten och dagvatten. Spillvatten består i sin tur av klosettvattnen samt BDT-vatten (Bad-, Disk och Tvätt-vatten).

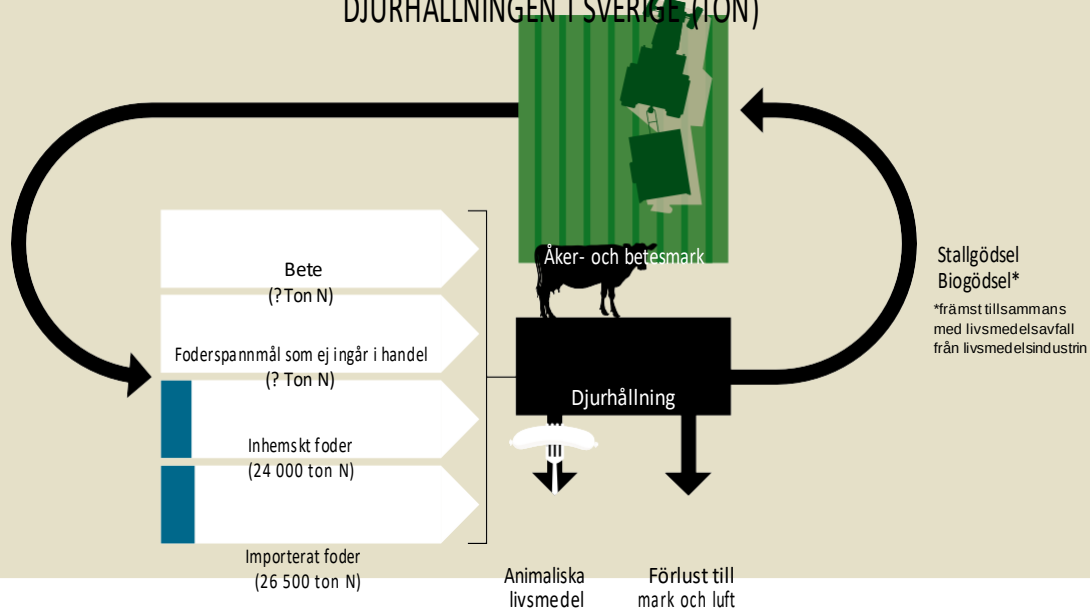
o) Urinens och klosettvattnets innehåll av växtnäring är beräknade för hela Sveriges befolkning, medan det endast är runt 90% av fastigheterna som är kopplade till kommunala avloppsnät, samt att det sker en viss förlust av kväve i avloppsnätet.



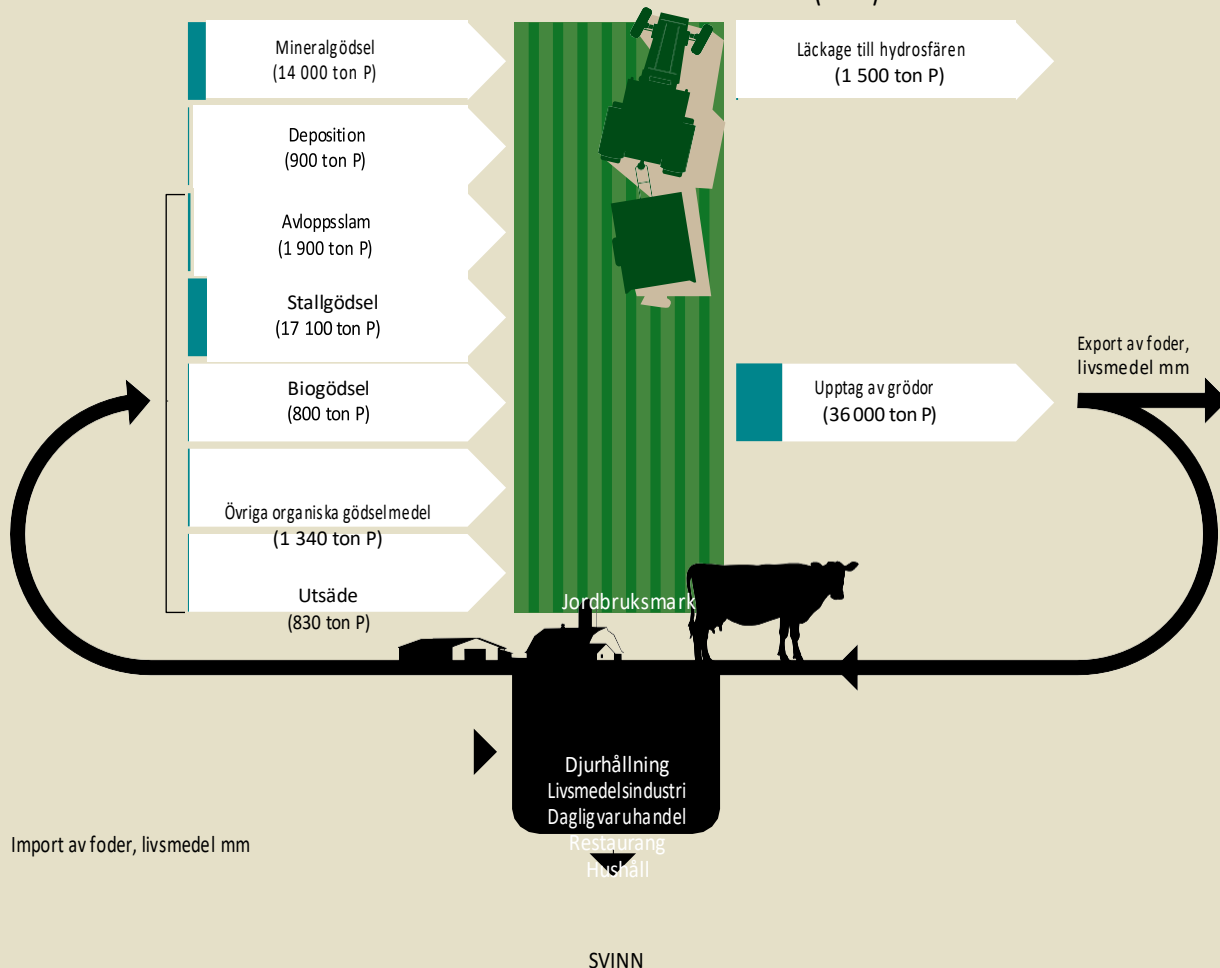
FLÖDEN AV KVÄVE TILL OCH FRÅN JORDBRUKSMARKEN I SVERIGE (TON)



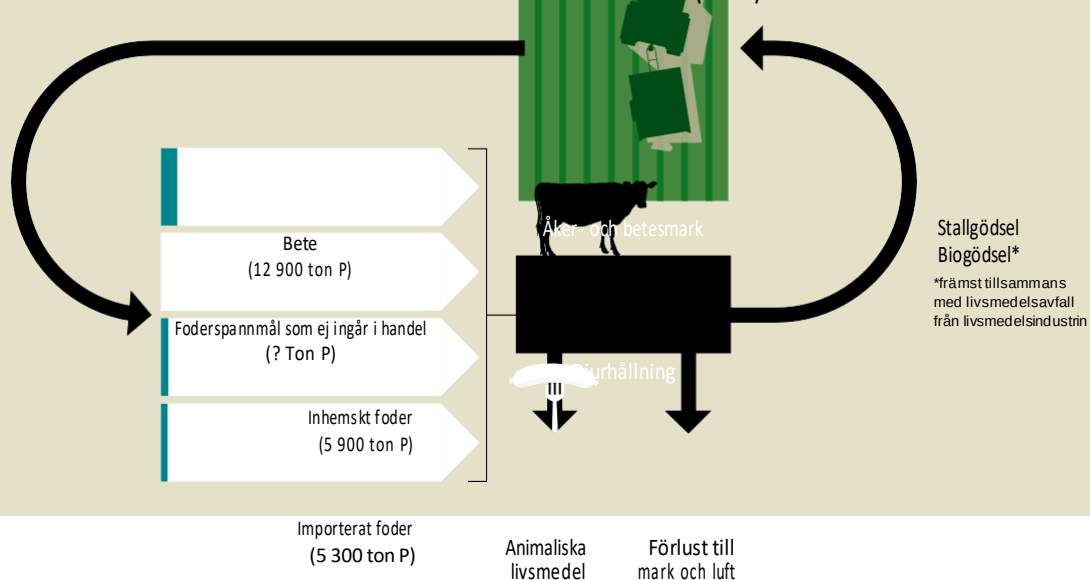
FLÖDEN AV KVÄVE TILL DJURHÅLLNINGEN I SVERIGE (TON)



FLÖDEN AV FOSFOR TILL OCH FRÅN JORDBRUKSMARKEN I SVERIGE (TON)



FLÖDEN AV FOSFOR TILL DJURHÅLLNINGEN I SVERIGE (TON)



REDOVISNING AV EGNA BERÄKNINGAR

Inhemskt foder – kväve

Enligt Jordbruksverkets statistik gällande råvaror ingående i foderblandningar producerade i Sverige för samtliga djurslag 2016 så uppgår totala mängden foder till 1,54 miljoner ton (Wikberg 2019). Beräkningarna har betydande osäkerheter men pekar mot att svenskt producerat foder innehåller i storleksordningen 150 000 ton protein per år, dvs ca 10% av totala fodermängden. Med en antagen omvandlingsfaktor från protein till kväve på 1/6,25 beräknas mängden totalkväve i inhemskt producerat foder uppgå till 24 000 ton per år.

Importerat foder – kväve och fosfor

Det finns ingen tillgänglig statistik eller uppgifter om fosfor och kväve i importerat foder och beräkningar i publicerad litteratur kommer fram till skilda resultat. Lorick (2019) hämtar data från Jordbruksverkets statistik över innehåll och mängd importerade foderblandningar. Tillsammans med data för fosforinnehåll i foder-råvarorna beräknar Lorick (2019) att importerat djurfoder innehåller omkring 6 900 ton fosfor per år. Wikberg (2019) beräknar motsvarande flöde till 2470 ton fosfor per år.

Dessa båda studier har delvis olika metodik, uppdelning och detaljeringsgrad för sina beräkningar och kväveflöden har inte redovisats. Här har därför en egen ansats för att göra dessa beräkningar gjorts utifrån detaljerade data på importerade foder-råvaror som används i foderblandningar. Resultatet som är sammanställt i nedan tabell pekar på att det årligen importeras foder med uppskattningsvis 26 500 ton kväve respektive 5 300 ton fosfor.

© Anu Suono, WWF



FODERRÅVARA	Mängd ton	Totalkväve ton ¹	Fosfor ton ¹
Spannmål; produkter och biprodukter ²	19 741	308	1
Oljehaltiga frön eller frukter; produkter och biprodukter ³	411 125	24 758	3 263
Stamknölar, rotfrukter och rötter; produkter och biprodukter ⁴	41 818	633	40
Mineraler ⁵	20 410	0	1 910
Råvaror importerade mindre än 10 000 ton – sammanlagt ⁶	15 139	823	106
Totalt	508 233	26 530	5 319

1. Koncentrationerna av råprotein och fosfor i de olika fodermedlen har hämtats från Freefarm (www). Innehållet av totalkväve har beräknats som innehållet av råprotein dividerat med 6,25.

2. Totalkväve och fosfor är beräknade från beräknad genomsnittlig sammansättning på importen av de spannmålsslag som 2018 stod för mer än 5% av spannmålsimporten enligt Jordbruksverket (www2). Dessa spannmålsslag och deras andel av importen var vete 50%, majs 25%, havre 10% och korn 5%, tillsammans 90%. De resterande 10% antogs ha samma genomsnittliga sammansättning som dessa 90%.

3. Totalkväve och fosfor är beräknade från genomsnittlig sammansättning på importen av de oljehaltiga frön etc som 2018 stod för mer än 5% av deras import enligt Jordbruks-

verket (www2). Dessa produkter och deras andel av importen var palmkärnsexpeller 9%, rapsfröexpeller 12%, rapsfrömjöl 18%, sojamjöl och extruderade sojaböner 47%, tillsammans 86%. De resterande 14% av importen antogs ha samma genomsnittliga sammansättning som dessa 86%.

4. Torkad betmassa utgjorde 98% och potatisprotein 2%.

5. Endast två mineralfoderkomponenter med fosfor, monokalciumfosfat 18% och magnesiumfosfat 18% fanns i den totala mängden mineralfoder.

6. Den genomsnittliga sammansättningen på de fodermedel som importerades i mindre mängd än 10 000 ton antogs vara samma som den genomsnittliga sammansättningen på importen av spannmål, oljehaltiga frön och stamknölar.

TABELL 2: Råvaror som importerades 2016 (preliminära siffror) i mer än 10 000 ton och som användes i foderblandningar (SCB & Jordbruksverket, 2020). Deras innehåll av kväve och fosfor har beräknats med hjälp av Jordbruksverket (www2) och Freefarm (www).

Importerade och exporterade livsmedel – kväve

Egna beräkningar har utförts utifrån mängden livsmedel som importeras och exporteras och antaget proteininnehåll i olika kategorier av livsmedel. Importen av protein i livsmedel beräknas uppgå till omkring 400 000 ton medan exporten beräknas uppgå till omkring 420 000 ton. Med en omvandlingsfaktor för totalkväve beräknas att importerade livsmedel innehåller omkring 64 000 ton kväve medan exporterade livsmedel innehåller omkring 67 000 ton kväve. Dessa beräkningar bör ses som osäkra då de inte baseras på direkt underlag om kväve- och fosforinnehåll.

Livsmedelsavfall från hushåll, handel och restaurang – kväve och fosfor

Svenska konsumenter av livsmedel kan delas upp i hushåll, restauranger och storkök. Enligt SCB (2018b) så uppgick mängden konsumerade livsmedel i Sverige år 2017 till 7,2 miljoner ton. Ungefär 1 miljon ton matavfall uppstod hos hushållen, varav 224 000 ton i avloppet, 400 000 ton i soporna och 314 000 ton i sorterad insamling (Naturvårdsverket 2018a). Restauranger och storkök stod för omkring 73 000 ton respektive 71 000 ton matavfall. (Naturvårdsverket 2018a). Mängden livsmedelsavfall från handel och distribution uppgick år 2016 till omkring 30 000 ton (Naturvårdsverket, 2018). Mängden växtnäring i livsmedelsavfall från hushåll, handel,

restaurang etc. har med en egen beräkning uppskattats till ca 4 850 ton kväve och 500 ton fosfor. Detta utifrån statistik och med omräkningsfaktorer baserade på växtnäringsinnehållet i biogödsel från SPCR 2019, mängden våtvikt av olika substrat och antagna växtnäringskoncentrationer i dessa. Dessa beräkningar måste ses som mycket osäkra på grund av osäkerheter i schabloner och antaganden.

Livsmedelsavfall från livsmedelsindustri och slakterier – kväve och fosfor

Naturvårdsverket (2020) beskriver att det sker livsmedelsförluster inom jordbruket till följd av en del av det som produceras för att bli livsmedel aldrig når nästa steg i livsmedelskedjan. Naturvårdsverket (2018a) anger att mängden matavfall år 2016 inom den så kallade primärproduktionen av livsmedel till omkring 98 000 ton per år. Detta omfattar både jordbruk och fiske samt det avfall som uppstår vid skörd, mjölkproduktion, äggproduktion och djuruppfödning. Enligt Naturvårdsverket (2018b) uppgår mängden avfall från livsmedelsförädling till 234 000 ton animaliskt och blandat matavfall och 215 000 ton vegetabiliskt avfall. En stor del av avfallet från livsmedelsförädling går till djurfoder eller till biogas.

Det finns tyvärr inte tillgänglig statistik eller underlag för att kunna göra en säker bedömning av storleksordningen på kväve- och fosformängderna i detta avfall. Mängden växtnäring i avfall från livsmedelsindustri har med en egen beräkning uppskattats till ca 1 948 ton kväve och 198 ton fosfor. Detta utifrån statistik och med omräkningsfaktorer baserade på växtnäringsinnehållet i biogödsel från SPCR 2019, mängden våtvikt av olika substrat och antagna växtnäringskoncentrationer i dessa. Dessa beräkningar måste ses som mycket osäkra pga osäkerheter i schabloner och antaganden.

Biogödsel från matavfall från hushåll, handel och restaurang – kväve och fosfor

Av det totala matsvinnet från konsumtionsledet så gick omkring 438 000 ton matavfall till rötning, 447 000 ton till förbränning och 227 000 ton till avloppsrening. Rötningen av matavfall 2018 gjordes huvudsakligen i samrötningsanläggningar.

Jönsson (2019) beräknade mängden växtnäring i biogödseln från all samrötning i Sverige till 8 470 ton totalkväve, varav 5 290 ton växttillgängligt, och 860 ton fosfor. Denna växtnäring kommer inte bara från källsorterat matavfall från hushåll och handel (23% inhemskt matavfall, 2% importerat matavfall) utan även från stallgödsel (34%), avfall från livsmedelsindustri (11%), slakteriavfall (12%) och övrigt (drank, halm, blast mm; 18%) (Avfall Sverige 2020). Uppgifter om hur stor del av biogödselns växtnäring som kommer från inhemskt matavfall har inte påträffats, lika lite som uppgifter om växtnäringsinnehåll i matavfall till kompost etc.

Utifrån ovanstående kan man skatta mängden växtnäring som återfördes till svenskt lantbruk med rötat matavfall till 2 050 ton totalkväve och 220 ton fosfor.

Biogödsel från livsmedelsindustri- och slakteriavfall – kväve och fosfor

Av substratet till de SPCR 120 certifierade samrötningsanläggningarna år 2018 bestod 12% av slakteriavfall och 11% av avfall från livsmedelsindustrin. Dessutom bestod 16% av övrigt, som specificeras som bl.a. drank, halm och blast. Halm

och blast kommer från lantbrukssektorn själv, medan drank är urkokt mäsik från alkoholframställning, troligen till stor del från biobränsletillverkning. Om vi, liksom ovan, antar att bidragen från livsmedelsindustri- och slakteriavfallen till substratmängden är lika stora som bidragen till växtnäringen i den färdiga biogödseln, innebär detta att de år 2018 bidrog med 2 000 ton totalkväve och 200 ton fosfor till biogödseln. Till detta kommer växtnäring från biobränslen med mera.

Matavfall från hushåll, handel, restaurang etc. via avloppsslam från reningsverk – kväve och fosfor

All rötning av matavfall sker inte i samrötningsanläggningar, utan en del rötas i avloppsreningsverk tillsammans med avloppsslam. Enligt Avfall Sverige (2020) motsvarar mängden matavfall som rötas i avloppsreningsverk 14% av den mängd matavfall som rötas i samrötningsanläggningar. I avloppsreningsverk avvattnas våtslammet efter rötning, vilket innebär att en stor del av mineraliserade totalkvävet följer med rejektvattnet och renas bort i kvävereningen. Andelen av ingående totalkväve som följer med rejektvattnet har Jönsson (2019), skattat till 46% (observera att detta endast baseras på en massflödesanalys). Utifrån detta kan ca 54% av mängden ingående totalkväve i matavfallet antas finnas kvar i den avvattnade rötslamsprodukten. Enligt Miljömålsberedningen (SOU 2020:83) var det 72% av den avvattnade rötslamsprodukten från rötning av källsorterat matavfall i avloppsreningsverk som spreds på åkermark. Detta innebär att ca 100 ton kväve och 20 ton fosfor återfördes (se tabell 5).

Matavfallskompost med centralt komposterat material och hemkompost – kväve och fosfor

Mycket matavfall komposteras, det mesta i hemkomposter. Vi antar att kväve- och fosforinnehållet i matavfallet som komposteras är samma som i det som rötas och att det i den färdiga komposten finns all fosfor kvar. Kväveförlusterna under kompostering kan variera mycket, enligt Hao & Benke (2008) mellan 13 och 70%. I beräkningarna i denna rapport har vi antagit förluster på 40%, alltså att 60% av totalkväve är kvar i komposten, men denna andel kan alltså var upp till ca 80% och ner till ca 30%. Viktigt att komma ihåg är emellertid att större delen av kvävet i den färdiga komposten är i organisk form och det är endast ca 10% av kompostens totalkväve som blir tillgängligt det första året (Odlare et al. 2000). Det är endast försumbara andelar av den färdiga komposten som återförs till lantbruk. Komposten används istället för tillverkning av jordsubstrat/trädgårds- och planteringsjord och som jordförbättring vid odling av både prydnads- och nyttoväxter. Som sådan ersätter komposten inte bara mineralgödsel tillverkad av icke förnybara resurser, utan även den (halv)fossila resursen torv. Enligt Miljömålsberedningen (SOU 2020:83) kan 92% av det centralt komposterade matavfallet tillgodoräknas mot målet att dess växtnäring tas tillvara. Det är rimligt att anta att all hemkompost används på sådant sätt att dess växtnäring på ett eller annat sätt tas tillvara.

Ovanstående antaganden innebär att mängden återförd växtnäring med centralt komposterat material blir ca 31 ton totalkväve och 5 ton fosfor, och i hemkompost 117 ton totalkväve och 20 ton fosfor. Sammanlagt 148 ton totalkväve och 25 ton fosfor med matavfallskompost.

4/ ÅTGÄRDER FÖR ATT NÅ LANTBRUKETS ÖVERGÖDNINGSBETING

Som nämndes i inledningen är jordbruket den sektor som bidrar mest till övergödningen av Östersjön. Även om mycket redan har gjorts behöver utsläppen av kväve och fosfor minska ytterligare. I detta avsnitt beskrivs hur det svenska lantbruket kan minska sina utsläpp av växtnäring så att dess nationella övergödningssbeting nås, sett till sjöar, vattendrag, kustvatten och grundvatten. Utsläppen behöver minskas ytterligare för att nå satta mål för utsjön men här saknas en uppdelning på sektorer.

Prioriterade åtgärder från Sveriges vattenmyndigheter

I Sverige har vattenmyndigheterna ett utpekat ansvar att säkerställa att vattendistriktens sjöar, vattendrag, kustvatten och grundvatten förvaltas på ett hållbart sätt (Vattenmyndigheterna 2021). Vattenmyndigheterna har tagit fram förslag på förvaltningsplaner för hur distriktens vatten behöver förvaltas och i dessa finns beskrivet åtgärdsbehov och potentialen för att minska utsläppen av kväve och fosfor till vatten via en rad åtgärder för lantbruket och för avlopp. I en underlagsrapport (Petersson et al. 2020) analyseras de föreslagna åtgärderna utifrån arealer, kostnad och effekt.

De åtgärder kopplat till lantbruket som Vattenmyndigheterna föreslår bör prioriteras för att klara övergödningssmålen presenteras i tabell 3. En kortare beskrivning av dessa åtgärder finns i faktarutan på följande sida.

TABELL 3. Storlek och effekt av prioriterade åtgärder för att minska kväve- och fosforläckaget från jordbruksmark under förvaltningscykeln 2021–2027.

FOSFORÅTGÄRDER / INLAND + KUST	Åtgärdsstorlek hektar/meter	Effekt (kilo fosfor)
Anpassade skyddszoner	5 400	73 600
Konventionella skyddszoner	3 860	8 150
Kalkfilterdiken	28 000	6 930
Strukturkalkning	464 000	95 400
Tvåstegsdiken	804 000	8 200
Våtmark	3 880	82 900
Summa fosforåtgärder		274 880

KVÄVEÅTGÄRDER / KUST	Åtgärdsstorlek hektar/meter	Effekt (kilo kväve)
Fånggrödor	120 000	420 000
Vårbearbetning	130 000	360 000
Tvåstegsdiken	13 000	2 200
Våtmark	160	42 000
Summa kväveåtgärder		824 200

Vattenmyndigheternas prioriterade åtgärder bedöms minska jordbrukets läckage av fosfor med omkring 275 ton och av kväve med omkring 824 ton vilket täcker cirka 80% av åtgärdsbehovet inom jordbruket för fosfor och 50% för kväve (Miljömålsberedningen, 2021). Föreslagna åtgärder tar oss med andra ord en bra bit på vägen men det finns ett återstående åtgärdsgap som behöver fyllas om jordbrukets övergödningssbeting ska nås. Nedan följer en analys av potentialen hos ett antal åtgärder uppströms som rör lantbrukets användning av växtnäring.



VATTENMYNDIGHETERNAS PRIORITERADE ÅTGÄRDER FÖR ATT NÅ LANTBRUKETS ÖVERGÖDNINGSMÅL

STRUKTURKALKNING. Vid kalkning påverkas jordbruksmarkens kemiska, biologiska och fysikaliska egenskaper så att fosforutlakning motverkas. Markens pH och växtnäringsämnenas växttillgänglighet påverkas och stimuleras i en kemiskt neutral miljö. Strukturkalkning bidrar till förbättrad markstruktur vilket förbättrar markens vattenhållande egenskaper men också dess dränerings- och bearbetningsegenskaper. Lämplig kalk är bränd kalk (kallas osläckt kalk) och bränd kalk som blandats med vatten (kallas släckt kalk) men blandningar med kalkstensmjöl är också förekommande. (Aronsson et al. 2019). En rimlig giva för strukturkalkning är 5–8 ton produkt per hektar. Den lägre givan gäller lerjordar med lite lägre lerhalt (Jordbruksverket 2020).

FOSFORDAMMAR OCH VÅTMARKER. Fosfordammar är mindre vattendammar som anläggs i närhet till åkermarken. Fosfordammar syftar till att avskilja fosfor från vatten som passerat åkermarken och fastlägga sediment. Våtmarker kan anläggas för att dessutom rena vatten från kväveutsläpp genom en kombination av vegetationstillväxt och denitrifikation (Aronsson et al. 2019).

KALKFILTERDIKEN. Kalkfilterdiken är en metod som bygger på att kalk blandas in i återfyllnadsjorden ovan täckdiken. Täckdiken är täckta diken under jord som anläggs för att dränera bort vatten. Genom att blanda in kalk i återfyllnadsjorden får jorden förbättrad permeabilitet så att mer vatten kan infiltrera i marken istället för att rinna ovanpå markyta med risk för större näringsläckage. Istället kan mer fosfor bindas i marken. Hur mycket kalk som behöver blandas in i jordar är inte tillräckligt studerat men styrs bland annat av jordens sammansättning där leriga jordar kräver mer kalk för att förbättra infiltrationen. Aronsson et al. (2019) anger att mätningar inte kunnat verifiera om kalkfilterdiken har någon effekt på kväveutsläpp.

SKYDDSZONER. Skyddszoner är gräsbevuxna partier som kan fånga upp fosfor i ytavrinning. Skyddszoner kan anläggas längs vattendrag för att minska fosforutsläpp. Denna typ av generella skyddszoner anses ha relativt liten potential då ytavrinningen troligtvis sker koncentrerat till vissa platser genom skyddszonerna och inte jämnt fördelat i landskapet över hela skyddszonerna (Aronsson et al. 2019).

ANPASSADE SKYDDSZONER. Anpassade skyddszoner utgörs också av gräsbevuxna partier men de är lokaliserade där de kan göra störst nytta, så som platser med mer ytavrinning eller erosion. Anpassade skyddszoner har betydligt större potential än konventionella skyddszoner att minska fosforläckage.

TVÅSTEGSDIKEN. Ett tvåstegsdike är ett dike där kanterna längst upp, i det andra steget, har gjorts mindre branta. Genom att övre delen av kanterna är mindre branta och endast vid högfloode står under vatten etableras växtlighet. Vid nederbörd fungerar de avfasade kanterna som buffert för vatten. Det gör att vattenhastigheten i samband med nederbörd minskas och näringsämnen sedimenterar och fångas upp av växtligheten. Växtligheten bidrar också till mindre erosion och sedimenttransport. (Aronsson et al. 2019).

FÅNGGRÖDOR. Odling av fånggrödor är en vanlig förekommande åtgärd för att minska kväveutsläpp till vatten från åkermark i nitratkänsliga områden. Fånggrödor är främst en åtgärd för minskat kväveläckage. En gröda som tar upp överblivet gödselkväve och mineraliserat kväve under hösten minskar mängden utlakningsbart kväve i marken. Under förhållanden där detta kväve löper risk att utlakas under vintern är fånggrödan en effektiv åtgärd. Beroende på fånggröda och område får man bryta fånggrödan mellan 10:e oktober och 1:a januari (Jordbruksverket). Fånggrödors effekt för att minska fosforförluster handlar om att marken hålls bevuxen och därmed skyddas från erosion, dvs partikulära fosforförluster. För att en fånggröda ska vara verk-samt mot fosforförluster behöver den alltså finnas på fältet över vintern. På sikt kan också en fånggröda förbättra markens struktur vilket minskar risken för fosforförluster, vilket inte beaktas här. Åtgärdseffekten av fånggrödor beror på många och komplexa faktorer som påverkar t ex jordart och typ av fånggröda samt tidpunkt för sådd och nedbrukning (t ex om det sker på höst eller vår). Sammanfattande fältstudier och modellberäkningar indikerar att effekten av fånggrödor på minskat kväveläckage ligger i intervallet 30–60%. En medel reduktionsschablon på 40% är därför rekommenderad (Pettersson et al. 2020).

VÅRBEBARBETNING. Vårbearbetning innebär att åkermarken inte plöjs eller jordbearbetas på hösten. Istället lämnas markytan orörd och bevuxen med höstgröda, fånggröda, ogräs eller som stubbåker. Bibehållen vegetation under höst och vinter ger skydd mot erosion, minskad mineralisering av kväve under hösten och ett visst upptag av kväve och fosfor i vegetation. Vårbearbetning är främst en kväveåtgärd eftersom kväve hålls kvar i markprofilen i större omfattning över vintern, eller förloras genom denitrifikation. Studier på mojordar i Västergötland och Halland visade på 20–40% minskad kväveutlakning vid vårplöjning jämfört med höstplöjning (Aronsson m.fl., 2018).

God hantering, lagring och spridning av stallgödsel

Stallgödseln utgör ett stort växtnäringsflöde och förlusterna till vatten och luft kan vara stora om gödseln inte hanteras, lagras och sprids på ett riktigt sätt och vid rätt tidpunkt. Det är emellertid svårt att kvantifiera dessa åtgärders potential på regional och nationell nivå men det finns ett antal åtgärder som ses som särskilt viktiga.

Då det gäller förluster av fosfor presenterar Aronsson (2019) följande fyra huvudåtgärder kopplat till stallgödselspridning:

- Undvika spridning på jordar med höga fosforklasser,
- undvika höga engångsgivor,
- myllning av stallgödsel på obevuxen mark och vall, och
- undvika stallgödsling sent på hösten.

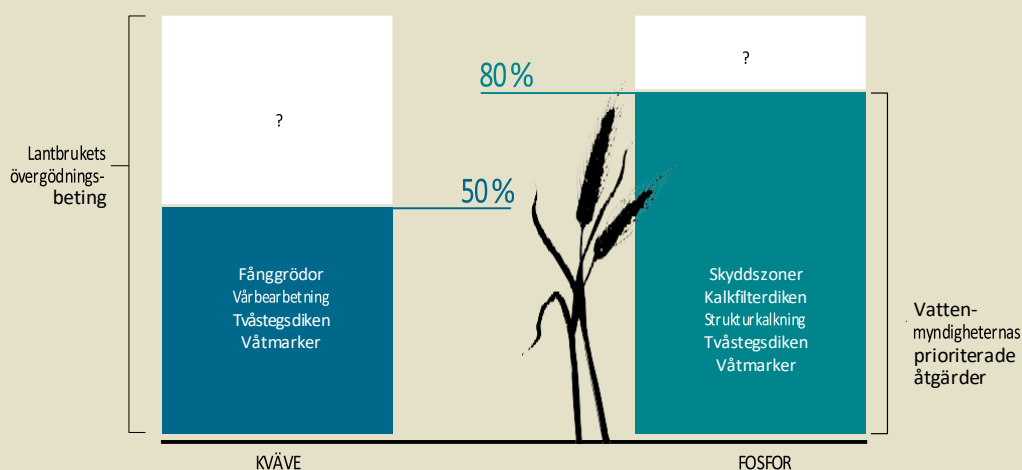
Den första åtgärden handlar om att jordar med redan höga halter av fosfor inte kan nyttiggöra stallgödselns fosfor vilket långsiktigt leder till ökat fosforläckage. Dessutom innebär sådan gödsling ett dåligt resursutnyttjande. Därför bör sådana jordar inte gödslas med fosfor. Effekter av denna åtgärd kan först ses på lång sikt men är mycket viktig enligt Aronsson då sådant ökat fosforläckage kommer att bestå under mycket lång tid och därför måste förebyggas. Petersson et al (2020) anger dock att anpassad stallgödselspridning har relativt liten potential för att minska näringsläckage och är en typ av åtgärd vars effekt inte heller kvantifieras i vattenmyndigheternas förvaltningsplan. En anledning till detta kan vara att de tre sista åtgärderna i listan ovan redan finns föreskrivna i regelverk från Jordbruksverket.

Gällande ammoniakavgång till luft har Sverige liksom andra länder ett beting i EU:s Takdirektiv (Nation Emissions Ceiling – NEC). Sveriges beting är att minska ammoniakutsläppen med 17 procent från startåret 2005 till mållåret 2030. Eftersom cirka 85 procent av Sveriges ammoniakutsläpp kommer från stallgödsel blir åtgärderna i huvudsak riktade mot stallgödsel. Åtgärderna nedan har föreslagits av Naturvårdsverket som tagit fram en handlingsplan för hur Sverige ska klara betinget.

- Byt ut bredspridning av flytgödsel mot bandspridning.
- Bruka ner gödsel samma dag som den sprids.
- Bruka ner gödsel inom fyra timmar där den idag brukas ner samma dag.
- Bygg tak på urinbehållare istället för att ha svämtäcke.
- Optimera råproteinhalten i fodret på mjölkgårdar.

Eftersom ammoniak är en gas som inte transporteras långt gör det i sin tur att kvävenedfallet kommer minska, både på skog och åkermark samt som direkt nedfall på vattenmiljöer.

POTENTIALEN FÖR OLIKA ÅTGÄRDER ATT BIDRA TILL ATT LANTBRUKETS ÖVERGÖDNINGSBETING NÅS



Strukturomvandlingar

En annan möjlig åtgärd för att minska läckage av kväve och fosfor är en omfördelning och utspridning av djurgårdarna från djurintensiva regioner. Lantbrukets specialisering har lett till att en stor del av djurgårdarna har ansamlats i vissa regioner, t.ex. området runt Kalmar, Blekinge, delar av Skåne och Halland. Orsakerna till detta är både naturgivna och socioekonomiska förutsättningar. Johnsson et al. (2009) simulerade hur mycket en omfördelning av djurgårdarna från Halland, Skåne, Blekinge och Gotland till slättområdena i Västergötland och Östergötland, samt till Mälardalen skulle minska kväve- och fosforutlakning. Enligt deras resultat skulle kväveutlakningen minska med ca 2%, medan fosforutlakningen skulle förändras mindre än 1%. En anledning till att förändringarna blev så små var att när djuren flyttar bort från de djurtäta kustområdena så minskar också andelen vall i dessa områden. Andelen årligt plöjd åker med ettåriga grödor ökar, vilket motverkar den minskning av utlakning av kväve och fosfor som den minskade mängden gödsel ger upphov till. För att minska utlakningen och förbättra resurshushållningen kan det därför möjligen vara en bättre idé att transportera gödsel till växtodlingsområdena. Stallgödsel har dock lågt eller obefintligt saluvärde och är dyr att transportera.

Precisionsodling

Precisionsodling är en teknik för att anpassa kvävegivan till den individuella markytans produktionsförmåga. Tekniken går ut på att istället för att sprida gödsel jämt över åkrarna så minskas gödslingen på de delar som har sämre tillväxt och ökas på delar som har bättre tillväxtförmåga. Precisionsodling är framförallt relevant för kvävegödsling då kvävet snabbt omvandlas och riskerar förloras till både vatten och luft medan fosfor är ett växtnäringssämne med vilket man kan förrådsgödsla. Läckage av löst fosfor beror på matjordens och alvens fosfortillstånd och kemiska sammansättning och ett enskilt års gödsling påverkar endast i liten utsträckning matjordens fosfortillstånd och inte alls alvens. Att påverkan på matjordens fosfortillstånd är litet inser man lätt då matjordens fosforförråd är av storleksordningen 2 000 kg per ha (Bertilsson et al. 2005), medan den genomsnittliga gödslingen med fosfor 2016 var 8 till 13 kg per ha Sveriges olika produktionsområden (SCB 2018a).

Det är oklart hur många lantbrukare som idag använder teknik för precisionsodling fullt ut. Antalet aktiva användare av ny teknik ökar dock snabbt och möjligen kan så mycket som 30 till 40% av spannmåls- och oljeväxtarealen idag odlas med stöd av teknik för precisionsodling.

Det är svårt att kvantifiera effekterna av precisionsgödsling vad gäller minskade kväveutsläpp. Naturvårdsverket (2009) har uppskattat att precisionsodling skulle kunna minska kväveutlakningen med ungefär 300 ton per år. Aronsson (2019) har i sin tur uppskattat att precisionsgödsling, med bibehållen kvävegiva och med antagandet att 50% av den svenska odlingsarealen kan tillämpa precisionsgödsling, skulle kunna minska kväveutlakningen med 110 till 2 200 ton per år. Om man utgår från att ungefär 70% av det utlakade kvävet skulle ha nått havet (baserat på siffror för jordbrukets brutto- och nettoutsläpp i Sveriges underlag till HELCOM:s sjunde Pollution Load Compilation 2017) skulle detta minska utsläppen av kväve till havet med ungefär 80–1 500 ton per år. Med en generellt sänkt kvävegiva på 10 kg uppskattade Aronsson bruttominskningen till ungefär 560–3 900 ton kväve per år vilket enligt ovan schablon motsvarar ungefär en nettominskning på 390–2 700 ton. En generellt sänkt kvävegiva skulle dock leda till ett produktionsbortfall. Även om man i rapporten (Aronsson, 2019) framhåller att osäkerheterna är mycket stora så visar dessa uppskattningar att precisionsodling är en åtgärd som har stor potential för att minska kväveutsläppen och kanske till och med helt hjälpa till att nå jordbrukets övergödningsbeting tillsammans med Vattenmyndigheternas prioriterade åtgärder.

Studier, för perioden 2000–2004 vilka nu är många år sen, genomfördes av hur väl lantbrukares givor till höstvet, malkorn och gryn havre stämde med Jordbruksverkets rekommendationer för gödsling. Slutsatsen var då att kvävegivorna i medeltal var 30 kg/ha större än rekommenderade givor vilket kan tala för en övergödsling. En slutsats från studien var att om man kan räkna med att medelgivan generellt kan sänkas, så är det en viktig del i precisionsgödslingen. Därmed är förarbetet genom kännedom och bedömning av fältet i stort innan gödslingen en viktig del av åtgärden, förmodligen den viktigaste i många fall. Arbetet med att via denna kännedom minska övergödslingen är också kopplad till verktyg som växtnäringsbalanser på såväl fält som gårdsnivå liksom gödslingsplaner. Att följa upp antalet lantbrukare som använder dessa verktyg och hur stora arealer som berörs är ett sätt att mäta utvecklingen även om detta inte direkt kan omräknas till minskade utsläpp i ton kväve och fosfor per år.



5/ POTENTIALEN FÖR EN MER EFFEKTIV OCH CIRKULÄR ANVÄNDNING AV VÄXTNÄRING

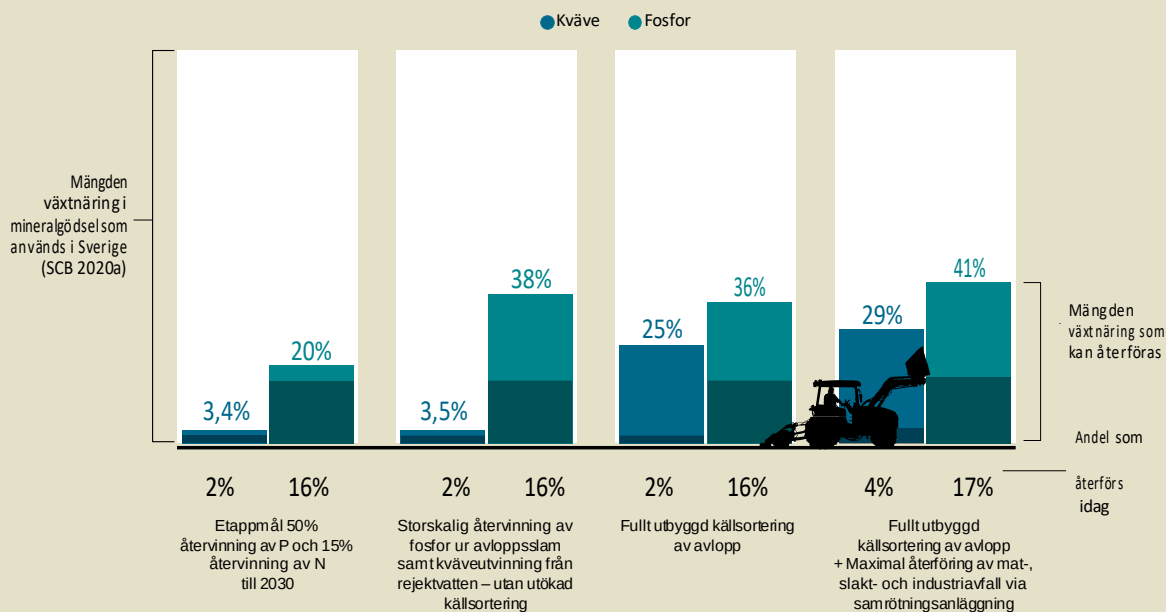
I detta kapitel diskuteras potentialen för en mer effektiv och cirkulär användning av växtnäring. Potentialen beskrivs i termer av att kunna ersätta den mineralgödsel som användes i Sverige växtodlingsåret 2018/19, det vill säga 181 000 ton kväve och 14 000 ton fosfor (SCB 2020a), samt i termer av att kunna täcka gödslingsbehovet 2007, det vill säga 190 000 ton kväve och 30 000 ton fosfor (Akram et al. 2019).

Resultatet sammanfattas i tabell 4 med tillhörande grafik.

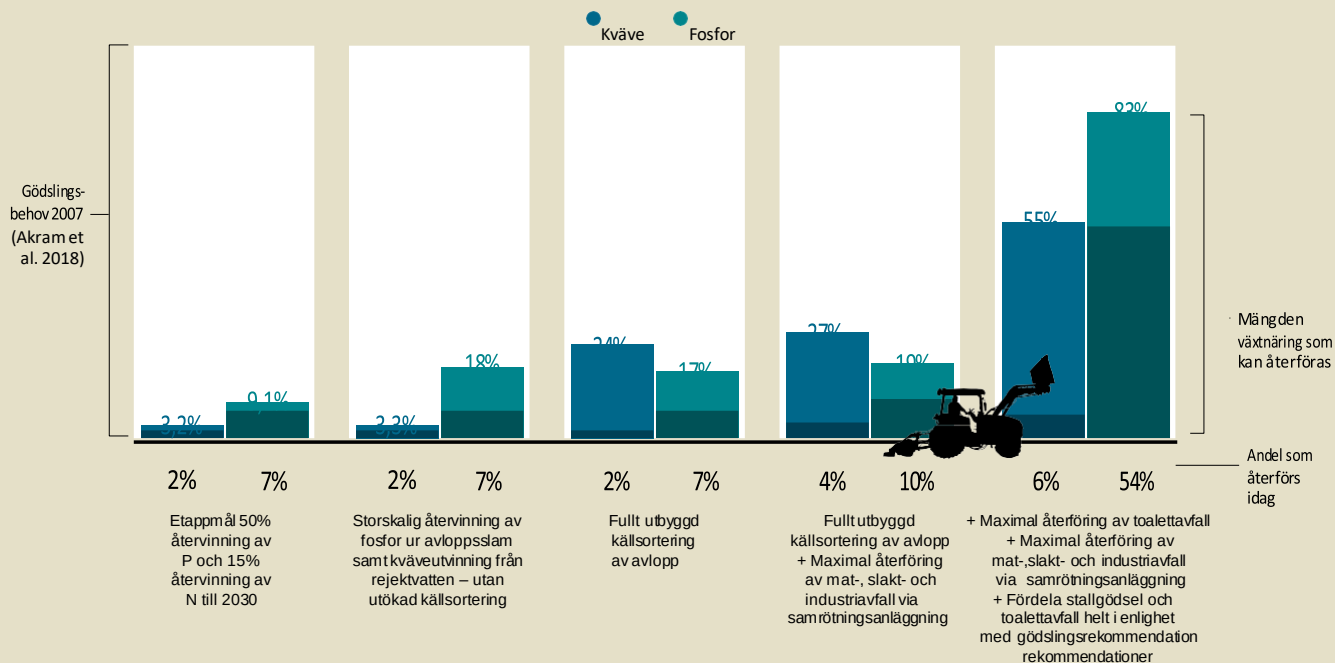
TABELL 4. Potentialen för en mer effektiv och cirkulär användning av växtnäring.

ERSÄTTA MINERALGÖDSEL (ANDEL AV DAGENS ANVÄNDNING AV MINERALGÖDSEL, SCB 2020A)			Kväve	Fosfor
Optimerad användning av mineralgödsel – precisionsodling	Ej kvantifierat	Ej kvantifierat		
Optimerad användning av stallgödsel – rätt mängd vid rätt tidpunkt	Ej kvantifierat	Ej kvantifierat		
Optimerad användning av stallgödsel – optimal geografisk fördelning	Ej kvantifierat	20%		
Maximal återföring av hästgödsel	Mycket liten	11%		
Etappmål på 50% återvinning av fosfor och 15% återvinning av kväve från avlopp till 2030	3,4%	20%		
Storskalig återvinning av fosfor ur avloppsslam samt kväveutvinning från rejektvatten utan utökad källsortering	3,5%	38%		
Fullt utbyggd källsortering av avlopp	25%	36%		
Maximal återföring av mat-, slakt- och industriavfall via samrötningsanläggning (inklusive minskat matsvinn med 25% till 2030)	Ca 4%	Ca 5%		
TÄCKA GÖDSLINGSBEHOVET (ANDEL AV GÖDSLINGSREKOMMENDATIONER 2007, AKRAM 2019)			Kväve	Fosfor
Etappmål på 50% återvinning av fosfor och 15% återvinning av kväve från avlopp till 2030	3,2%	9,1%		
Storskalig återvinning av fosfor ur avloppsslam samt kväveutvinning från rejektvatten utan utökad källsortering	3,3%	18%		
Fullt utbyggd källsortering av avlopp	24%	17%		
Maximal återföring av mat-, slakt och industriavfall via samrötningsanläggning (inklusive minskat matsvinn med 25% till 2030)	3%	2%		
Maximal återföring av toalettavfall samt fördela stallgödsel och toalettavfall helt i enlighet med gödslingsrekommendationer	52%	81%		

POTENTIALEN FÖR ÅTERFÖRING AV VÄXTNÄRING TILLBAKA TILL JORDBRUKET I RELATION TILL ANVÄND MÄNGD MINERALGÖDSEL



POTENTIALEN FÖR ÅTERFÖRING AV VÄXTNÄRING TILLBAKA TILL JORDBRUKET I RELATION TILL GÖDSLINGSBEHOVET



Nedan beskriv åtgärderna och dess potential mer detaljerat.

Optimerad användning av mineralgödsel – precisionsodling

Studier av hur väl lantbrukares givor till höstvet, malkorn och gryn havre stämde med Jordbruksverkets rekommendationer för gödsling genomfördes för perioden 2000–2004, vilket nu är många år sen. Slutsatsen var då att kvävegivorna i medeltal var 30 kg/ha större än rekommenderade givor vilket kan tala för att det då skedde en övergödsling. Det saknas nyare uppskattningar men en mer utbredd användning av precisionsodlingstekniker i jordbruket skulle direkt leda till att mindre mängder kväve mineralgödsel används. I detta sammanhang kan det också vara värt att notera att vid en övergång till fossilfritt kväve mineralgödsel beräknas mineralkvävet bli 1,5–2,5 gånger så dyrt som idag (Ahlgren et al. 2015) vilket skulle leda till en minskad genomsnittlig gödsling med kväve då lantbrukarens ekonomiska kalkyl för optimal kvävegödsling skulle påverkas.

Optimerad användning av stallgödsel – rätt mängd vid rätt tidpunkt

Östersjöcentrum har uppskattat att om stallgödseln användes mer effektivt skulle inköpen av handelsgödsel kunna minskas med 0,11–0,17 miljoner ton¹. Tyvärr är detta inte omräknat i mängd kväve- och fosfor. I jordbruksstatistiken antas att all gödsel som produceras återförs och nyttjas i odlad mark med vissa förluster till luft och vatten.

Optimerad användning av stallgödsel – optimal geografisk fördelning

Då befintliga djurgårdar oftast haft djur i generationer och vuxit successivt, är det troligt att åkerjorden närmast gårdscentrum ofta är uppgödslad till högsta eller näst högsta fosforklass. Trots detta tillåter regelverken en genomsnittlig spridning av 22 kg fosfor per ha och år, räknat som genomsnitt över en femårsperiod även på denna mark, även om fosforgödsling inte behövs för grödan. Djurintensiva gårdar har under flera decennier kontinuerligt visats ha ett fosforöverskott, vilket dock på senare tid sjunkit. Överskottet per ha och år för gårdar med mer än 1 djurenhet per ha var år 2001 8 kg fosfor per ha och för gårdar med 0,6–1 djurenhet per ha 6 kg fosfor per ha, medan motsvarande siffror 2009 var 6 respektive 3 kg och 2016 4 respektive 2 kg fosfor per ha (SCB 2018a). Mängden överskottsfosfor på de djurintensiva (>0,6 djurenheter per ha) gårdarna år 2016 var ca 2 950 ton (Jönsson 2019), vilket motsvarar ca 20% av användningen av mineralgödsel i Sverige växtodlingsåret 2018/19 (SCB 2020a).

20%

Motsvarar ca 20% av dagens användning av fosfor-mineralgödsel (SCB2020a).

Ur såväl miljö- som resurssynpunkt vore det en stor fördel om djurgårdarnas överskott på gödsel kunde spridas på åkermark där den behövdes för produktionen. Ett förslag till ett sådant etappmål har också förts fram till regeringen av Naturvårdsverket (2013) som rekommenderade etappmålet "Stallgödsel tas tillvara på jordbruksmark så att tillförsel av växtnäringsämnen balanserar bortförsel". Detta förslag till etappmål har nyligen ordagrant upprepats av Miljömålsberedningen (SOU 2020:83) med måldatum 2030.

¹ http://www.su.se/polopoly_fs/1.364770.1515063054!/menu/standard/file/p-fluxsveWEBB.pdf

För att bättre fördela naturgödseln över Sveriges åkerareal kan man tänka sig antingen att man ska sprida ut djurgårdarna mera över Sverige, ungefär som det var före andra världskriget innan mineralkvävegödsel blev allmänt använd, eller att man transporterar gödselöverskottet från djurgårdar till växtodlingsgårdar. Stallgödsel har dock lågt eller obefintligt saluvärde och är dyr att transportera.

Potential i återföring av hästgödsel

I Sverige finns ca 350 000 hästar enligt Jordbruksverkets statistik (Jordbruksverket 2017). Enligt Jordbruksverket (2013) producerar en sport- eller fritidshäst i lätt träning ca 48 kg N och 9 kg fosfor per år. Om detta i en grov överslagsräkning antas gälla för alla hästar i landet så motsvarar det ca 16 700 ton kväve 3 100 ton fosfor per år i hästgödseln.

Vi vet från studier att ca hälften av gödseln samlas upp inomhus i stall och i betydligt mindre omfattning mockas den upp från rasthagar etc. när hästarna går ute (Malmer, 2020). Det finns samtidigt stora kunskapsbrister om hur och i vilken omfattning den hästgödsel som samlas upp verkligen nyttjas i odling och var detta i sådant fall sker. En studie genomförd av Jordbruksverket 2016 antyder dock att merparten av hästgödseln som samlas upp sprids på den egna gården eller används i lantbruket¹.

Med ett antagande om att 50% av hästgödsel skulle kunna samlas upp, något som kräver att man har en hög ambitionsnivå för mockning och god hantering av hästgödseln på platta och under lagring/spridning, skulle det motsvara ungefär 1 550 ton fosfor vilket motsvarar ungefär 11% av mängden fosformineralgödsel som användes i Sverige växtodlingsåret 2018/19 (SCB 2020a).

För kvävet del så återfinns det som hästarna äter varje år främst i hästens urin. Kunskapen är begränsad och mätningar av kvävet inom hästhållningen saknas tyvärr. Hästurinen samlas inte upp för hästar utan hamnar i ströbädden inomhus alternativt infiltrerar ner i marken i hagarna. Troligen följer enbart en liten del av kvävet med till gödselplatta/gödselhantering. Då kväve också lätt omvandlas till gasfas eller följer med avrinnande vatten sker det troligen också stora förluster i varje led. Utan en avsevärt förändrad hästhållning och gödsel- och urinhantering blir potentialen för återföring av kväve från hästsektorn till jordbruksmark förmodligen mycket liten.

För att göra en bättre bedömning av såväl potentialen för återföring som riskerna för övergödning så behöver mer detaljerade studier och beskrivningar av hästgödselns hantering genomföras.

Etappmål på 50% återvinning av fosfor och 15% återvinning av kväve från avlopp till 2030

I betänkandet Hållbar slamhantering (SOU 2020:3) föreslås ett återvinningskrav på 60 % av den fosfor som finns i avloppsslammet från allmänna avloppsreningsanläggningar som överstiger 20 000 personekvivalenter, vilket motsvarar ca 50 % av fosfor i allt slam som produceras i kommunala reningsverk. Denna återvinning förutsätter att kvaliteten vad gäller till exempel miljö- och hälsofarliga ämnen i de avloppsfraktioner eller utvunna gödselprodukter är av sådan kvalitet att de tillåts nyttjas som gödsel på svensk åkermark.

11%

Motsvarar ca 11% av dagens användning av fosfor-mineralgödsel (SCB 2020a).

¹ Hästhållning i Sverige 2016, Jordbruksverket.

20%

Motsvarar ca 20% av dagens användning av fosformineralgödsel (SCB 2020a).

Vad gäller förslaget till återvinningskrav av fosfor så tyckte några remissinstanser att det var för lågt satt då det till exempel i Tyskland finns krav på betydligt högre utvinningsgrad. Motivet till att ett högre återvinningskrav inte föreslogs av utredningen var att utredningen ansåg att ett sådant ensidigt fosforutvinningskrav skulle bli alltför teknikstyrande.

Om etappmålet på 50% återvinning av fosfor från avlopp nås skulle mängden återförd fosfor motsvara ungefär 20% av det fosformineralgödsel som användes i Sverige växtodlingsåret 2018/19 (SCB 2020a).

Expertgruppen för hållbar och cirkulär VA inom Delegationen för cirkulär ekonomi föreslog 2020 (Finnson & Lind 2020) etappmålet 15% kväveåterföring från avlopp till 2030. Siffran motiverades med att om lika mycket slam används på åkermark år 2030 som år 2018, ca 39% av totalt producerat slam, då återförs med detta slam 9% av avloppets kväve. I rektvattnet från avvattning av våtslam finns det kväve motsvarande 15–20% av den totala mängd kväve som kommer in till reningsverken (resterande mängd omvandlas till kvävgas eller släpps ut med det renade avloppsvattnet). Detta kväve finns samlat på de ca 140 större reningsverk som rötar slam och det finns nu fungerande och ekonomiskt rimlig teknik för att återvinna detta kväve i ren fast form. En stor andel av de större reningsverken planerar för eller genomför ombyggnader och kapacitetsökningar, varför det finns goda chanser att relativt snabbt få till stånd återvinning av rektvattenkväve på flera större verk. Detta förutsätter dock att det kommer nationella vägledning, målbilder samt ekonomiska incitament eller regelstyrning om återvinning.

Potentialen för återvinning och efterföljande återföring kan beräknas utifrån några antaganden om möjlig teknikutveckling och slamhantering. Om vi antar att kväveåtervinningen till 2030 hinner byggas ut för en tredjedel av rektvattnet så ger detta en kväveåtervinning från rektvattnet på 6% av det kväve som finns i inkommande avloppsvatten till våra reningsverk vilket innebär en total återföring på ca 15% till åkermark.

Miljömålsberedningen (SOU 2020:83) föreslår, liksom expertgruppen för Hållbar och cirkulär VA inom Delegationen för cirkulär ekonomi, återvinningsmål på 50% för fosfor och 15% för kväve från avlopp till år 2030.

Om etappmålet på 15% återvinning av kväve från avlopp nås och två tredjedelar av detta kväve är växttillgängligt skulle mängden återförd kväve från avlopp motsvara ungefär 2,6% av användningen av kväve-mineralgödsel växtodlingsåret 2018/19 (SCB 2020a).

2,6%

Motsvarar ca 2,6% av dagens användning av kväve-mineralgödsel (SCB 2020a).

Storskalig återvinning av fosfor ur slam och kväveutvinning från rektvatten avlopp utan utökad källsortering

Det finns dock tekniskt fungerande processer för att återvinna i koncentrerad form såväl fosfor från slam som kvävet från rektvatten. Idag innebär denna återvinning att fosfor återvinns som kalciumfosfat och kvävet som ammoniumsulfat, vilket innebär att de återvunna fasta gödselmedlen har ungefär samma koncentrationer som dagens mineralgödsel och därmed varken borde orsaka nämnvärt mera transportarbete eller markpackning än dagens mineralgödselmedel. Risken för föroreningar i dessa gödselmedel är dessutom låg.

38%

Motsvarar ca 38% av dagens användning av fosformineralgödsel och ca 3,5% av användningen av kvävemineralgödsel (SCB 2020a).

3,5%

25%

Motsvarar ca 25% av dagens användning av kvävemineralgödsel och ca 36% av användningen av fosformineralgödsel (SCB 2020a).

36%

Om allt slam förbränns och man utvinner 95% av dess fosfor och kombinerar detta med att utvinna 90% av rektvattnets kväve skulle återvinningen motsvara ca 38% av användningen av fosformineralgödsel och ca 3,5% av kvävemineralgödsel växtodlingsåret 2018/19 (SCB 2020a). Det återvunna kvävet motsvarar ca 17 % av kvävet som kommer in till reningsverken.

Full utbyggnad av källsortering av avlopp

Om hela Sveriges avloppssystem på lång sikt byggs om till att källsortera allt toa-
lettavlopp, vilket skulle ta 50–100 år, är närmare 100% återföring av kväve, fosfor, kalium m.m möjlig. Detta förutsatt att man accepterar att återföra det blöta, flytande klosettvattnet, som efter hygienisering kan bli ett utmärkt gödselmedel. Även denna avloppsfraktion innehåller dock en viss mängd tungmetaller samt läkemedel och mikroföroreningar. En sådan långsiktig omställning av det svenska avloppssystemet skulle möjliggöra återföring av ca 46 000 ton totalkväve och 5 550 ton fosfor, om även klosettvattnet från enskilda avlopp räknas in. Detta motsvarar ca 25% av kvävemineralgödsel och ca 36 % av fosformineralgödsel växtodlingsåret 2018/19 (SCB 2020a).

Avlopp i kretslopp dvs hantering av olika avloppsfraktioner har tidigare huvudsakligen diskuterats som en fråga för/emot slamspridning på åkermark. Detta perspektiv förskjuts nu tydligt och flera utredningar och rapporter pekar på nödvändigheten i att adressera avloppssystemets hantering av växtnäring som en helhet. Detta motiveras till exempel med att endast en liten del av avloppets kväve finns i det slam som avloppsreningsverken producerar och att ny teknik och nya metoder behövs för att återvinna och återföra mer kväve än idag.

Andra makro- och mikronäringsämnen har inte berörts i denna rapport, men vad gäller innehållet i avlopp så förlorar vi idag i princip också allt kalium i våra avloppssystem till sjöar och hav, en viktig resurs för ersätta det icke förnybara kaliumet i mineralgödseln.

Maximal återföring av mat-, slakt- och industriavfall via samrötningsanläggning samt 25% minskat matsvinn till 2030

Sverige har länge haft ett miljömål att återvinna energi och växtnäring från matavfall. Dess nuvarande formulering är "senast år 2020 sorteras minst 50% av matavfallet från hushåll, storkök, butiker och restauranger ut och behandlas biologiskt så att växtnäring tas tillvara, och minst 40% av matavfallet behandlas så att även energi tas tillvara". Praktiskt innebär formuleringen att 40% matavfallet ska rötas och 10% kan komposteras. Naturvårdsverket bedömde 2019 att etappmålet skulle vara svårt att nå inom utsatt tid (NV, 2019).

Från 2024 blir det obligatoriskt för kommunerna att tillhandahålla system för separat insamling av matavfall. Bland annat på grund av detta tycker Miljömålsberedningen att ett rimligt mål är att 80% av matavfallet från hushåll och liknande samt från livsmedelsindustrin ska behandlas på ett sådant sätt att dess växtnäring tas tillvara 2030. Samtidigt har vi etappmålet att det sammantagna livsmedelsavfallet minskar med minst 20 viktprocent per capita från 2020 till 2025. Prognosen är att Sveriges befolkning år 2030 kommer att vara 11,1 miljoner, vilket innebär en ökning 8,5% (SCB, 2020).

Om vi antar att målet för 25% minskat matavfall nåtts till 2030, samtidigt som målet för att 80% av matavfallet behandlas så att växtnäringen återförs till jordbruket, vilket för matavfallet som rötas i avloppsreningsverk innebär att fosfor återvinns till 100% från de 28% av slammet som inte sprids på åkermark, samt att det matavfall som komposterar centralt överförs till rötning, att fördelningen mellan avfall som rötas i samrötningsanläggningar och avloppsreningsverk förblir oförändrad, samt slutligen att mängden hemkompost och avfallets sammansättning förblir oförändrade så blir mängderna återförd kväve och återförd fosfor enligt tabell 5.

Det är svårt att säga om mängden återförd växtnäring med industri- och slakteriavfall till odlad mark kommer att öka eller minska. Mycket av utvecklingen idag talar snarare för en minskning än en ökning. Exempel på detta är att det är mera sannolikt att andelen av slakteriavfallet som får användas i foder till husdjur ökar än att den minskar, under förutsättning att vi inte får någon ny sjukdom liknande galna kosjukan. Likaså blir det vanligare att livsmedelsindustrier hittar mera högvärdigt behandlingsalternativ för sitt avfall än som substrat till biogas, till exempel kan gammalt bröd bli skorpsmutor eller substrat till etanoltillverkning och kycklingfötter exporteras som råvara till snacks i Sydostasien. Att på detta sätt hitta mera högvärdiga alternativ för det som idag är avfall i livsmedelsindustrin är helt i enlighet med etappmålet "Livsmedelsförlusterna ska minska och mer ska bli mat"¹ och med utvecklingen mot en mera cirkulär bioekonomi.

Som framgår av tabell 5 nedan skulle återföringen av växtnäring från livsmedelsavfall kunna uppgå till 6 790 ton kväve och 730 ton fosfor vilket motsvarar 4% av användningen av kväve-mineralgödsel och ca 5% av fosfor-mineralgödsel växtodlingsåret 2018/19 (SCB 2020a).

4%

Motsvarar ca 4% av dagens användning av kväve-mineralgödsel och ca 5% av användningen av fosfor-mineralgödsel (SCB 2020a).

5%

¹ <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Etappmal/>; 2021-02-17

TABELL 5. Mängd återförd totalkväve och fosfor via biologisk behandling 2018 jämfört med 2030 om miljömålen för 2030 uppnås.

Behandling	2018			2030		
	Avfall in ton/år	Tot-N ut ton/år	P ut ton/år	Avfall in ton/år	Tot-N ut ton/år	P ut ton/år
Matavfall från hushåll, butiker, restaurang och storkök till samrötningsanläggning	381 090	1 948	198	87 0895	4 452	452
Avfall från livsmedelsindustri och slakteri till samrötningsanläggning ¹	276 000	1 948	198	276 000	1 948	198
Matavfall som rötas vid reningsverk	47 460	106	20	12 2100	273	63
Matavfall till central kompostanläggning	15 620	31	5	0	0	0
Matavfall som hemkomposterar	37 040	117	20	37 040	117	20

¹ Återföringen från livsmedelsindustri och slakteri antas oförändrad.

81%

Motsvarar ca 81% av det rekommenderade gödslingsbehovet av fosfor (Akram et al. 2019).

Maximal återföring av toalettavfall samt fördela

stallgödsel och toalettavfall helt i enlighet med gödslingsrekommendationer

Akram et al. (2019) har i en studie beräknat hur mycket av det rekommenderade gödslingsbehovet 2007 i Sverige skulle kunna täckas om all stallgödsel och allt toalettavfall fördelades i helt enlighet med gödslingsrekommendationerna för olika grödor och med hänsyn tagen till markens näringstillstånd. För toalettavfallet utgick de från totala mängden växtnäring som vi människor utsöndrar och för stallgödseln utgick de från dess näringsinnehåll efter kväveförluster under lagring. Näringen i matavfall ingick inte i studien. Resultaten visade att fosfor i gödsel och toalettav-

fall skulle kunna täcka ca 81% av det rekommenderade gödslingsbehovet av fosfor som enligt deras studie är ca 30 000 ton fosfor per år. Denna siffra stämmer hyggligt även om inget eller endast en del av slammet kommer att spridas på åkermark, under förutsättning att fosfor i det slam som inte sprids återvinns i en process med minst ca 90% återvinningsförmåga vad gäller fosfor.

Eftersom fosfor i såväl stallgödsel som i avloppsslam (Börjesson & Kätterer 2018 & 2019; Bertilsson et al. 2005) fungerar lika bra för den långsiktiga fosforförsörjningen som mineralgödsel fosfor ger Akram et al. (2019) en relativt korrekt skattning av potentialen om alla Sveriges fosforresurser från toalettavfall och gödsel skulle fördelas på ett optimalt sätt.

Akram et al. (2019) anger också att 75 % av kvävebehovet skulle kunna täckas. Denna beräkning baseras dock på att totalkväve kan jämföras med växttillgängligt kväve. Med hänsyn tagen till växttillgängligheten första året blir det 52 % av kvävebehovet som kan täckas. I båda fallen källsorteras allt toalettavfall och inga kväveförluster sker under lagring och hantering av toalettavfallet. I själva verket är det bara runt 50 % av kvävet i stallgödsel som är mineralisk och därmed direkt växttillgänglig. Ca 90 % av befolkningen är ansluten till kommunala avloppssystem. Dessa fungerar så att mindre än 20 % av toalettavfallets kväve hamnar i avloppsslam. Av kvävet i avloppsslammet är det bara runt en tredjedel som blir växttillgängligt under det första året, vilket innebär att det bara är lite mer än 5% av toalettavfallets kväve som med dagens avloppssystem kan ersätta mineralgödselkväve.

52%

Motsvarar ca 52% av det rekommenderade gödslingsbehovet av kväve 2007 (Akram et al. 2019).

Akram et al. (2019) har i viss mån tagit hänsyn till detta och har även gjort en beräkning där de enbart tänker sig att enbart växttillgängligt kväve ersätter mineralgödselkväve. Resultatet för denna beräkning är att återfört kväve från gödsel kan täcka ca 34% och från toalettavfall, vid fullt införd källsortering, ca 18% av gödslingsbehovet av kväve som anges vara ca 192 000 ton (Akram et al. 2019b), det vill säga ca 52% av behovet tillsammans.

Akram et al. (2019) beräknade det transportarbete som skulle krävas för att fördela växtnäring från djur och människor i enlighet med den rekommenderade fosforgödslingen till olika grödor. De utgick från produktion och behov av växtnäring i varje kommun. Först räknade de ut den fosfor som behövdes för att gödsla grödorna i varje kommun. Därefter beräknade de med en optimeringsalgoritm till vilka kommuner med brist som den eventuella överskottsgödseln skulle transporteras. För alla sådana transporter använde de fågelvägen mellan respektive kommuncentra gånger faktorn 1,33 för att få fram det ungefärliga vägvståndet.

Att fördela den återvunna fosfor skulle enligt dem kräva över 24 000 km lastbils-transporter och kosta nästa fyra gånger mer än värdet på växtnäringen som transporterades. I själva verket är kostnadsrelationen flera gånger sämre än så, eftersom Akram et al. (2019), som påpekats ovan, väsentligt överskattar mängden växttillgängligt kväve då de i denna beräkning jämför totalkväve och växttillgängligt kväve och dessutom räknar på avloppet som om vi redan hade källsorterande avlopp. Kväve är det växtnäringsämne i gödseln som har störst värde. Dessutom utgår Akram et al. (2019) från att all areal som behöver gödulas med näring är tillgänglig för spridning av djurgödsel eller avloppsgödsel. I själva verket är det osäkert hur stor andel av lantbrukarna som skulle acceptera denna gödsel, då den är tung, och därmed ökar risken för packningsskador, och dessutom kan vara förorenad.

Sammantaget visar studien av Akram et al. (2019) att det är realistiskt att fördela näringen i djurgödsel och avlopp på ett optimalt sätt om inte växtnäringen kan koncentreras. Denna slutsats kom också Miljömålsberedningen (SOU 2020:83) fram till efter att bland annat ha studerat Agrifood (2018) när de övervägde transportstöd för gödsel från djurintensiva områden till områden med mycket växtodling. Miljömålsberedningen föreslår därför istället att regeringen ger Jordbruksverket, Naturvårdsverket, Energimyndigheten, Tillväxtverket, Vinnova och Formas ett gemensamt uppdrag att ta fram förslag på hur stallgödsel, avloppsvatten, avloppsslam samt matavfall kan utvecklas till högvärdiga resurser, till exempel i form av biogödsel eller mineralgödsel tillverkad av återvunnen näring, för att bidra till att nå etappmålet om återföring av näringsämnena.



6/ POTENTIALEN FÖR ATT MINSKA MÄNGDEN IMPORTERAT DJURFODER

Ett växtnäringsflöde som det finns mycket lite data tillgängligt om men som är betydande är det importerade djurfodret i form av kraft- och mineralfoder. Det skulle kunna ses som mer hållbart att minska importen av foder till Sverige men samtidigt utgör det ett stort inflöde av växtnäring vilket bidrar till stallgödselns växtnäringspotential. Slutar vi importera foder så behöver vi förändra den svenska produktionen och odlingen av foderråvara, vilket kan få andra konsekvenser. Detta diskuteras i detta avsnitt.

Mineralfoder med fosfor är viktigt när fodret inte innehåller tillräckligt med fosfor, vilket ofta är fallet när djuren inte väl kan tillgodogöra sig fosfor i fodret. Fosfor är en viktig komponent i mineralfodret för kor, hästar och får.

I såväl Sverige som EU som helhet importerar vi mycket proteinfoder, främst sojamjöl, till uppfödningen av lantbruksdjur. Detta beror på att både i EU och Sverige innehåller det foder vi producerar till djuren för lite protein i förhållande till innehållet av energi.

Karlsson et al. (2020) studerade vilka förändringar det skulle leda till om EU slopade sin import av soja till djurfoder med bivillkoret att den producerade maten fortsatt skulle innehålla samma mängder protein och fett. Studien gäller hela EU varför de kvantitativa förändringar som erhöles i studien inte gäller för Sverige. Dock ger studien en god indikation om åt vilket håll förändringarna skulle gå i Sverige om vi skulle slopa importen av proteinfodermedel.

Vid slopad import av proteinfoder kommer inte en lika stor animalieproduktion att kunna bibehållas (Karlsson et al. 2020). Den minskade animalieproduktionen innebär en del av den areal där det idag odlas energirika fodergrödor, som foderspannmål, fodermajs och vall friställs. I studien undersökte man att denna areal istället användes för att odla 1) proteinrika fodergrödor (ärter och bönor), 2) oljeväxter (raps), vars restprodukt, rapskakorna, används som proteinfodermedel, och/eller 3) livsmedelsgrödor (ärter och bönor till livsmedel), för att ersätta det bortfall av animaliska livsmedel som sker på grund av den minskade animalieproduktionen.

Alla dessa tre scenarier gav stora förändringar på produktionen. I scenario 1) där foderprotein odlades på den friställda marken skulle produktionen av ägg inte minska alls, mjölk och nötkött bara minska med 4%, medan produktionen av kyckling skulle minska med 34% och fläskkött med 49%. I scenario 2) där raps odlades på den friställda marken blev förändringarna större. Räknat som mängd protein plus fett skulle mjölk-, nötkötts- och äggproduktionen minska med 23%, fläskkötsproduktionen med 41% och kycklingproduktionen med 71%. I scenario 3, där livsmedelsgrödor (ärter och bönor) odlades på den friställda marken, minskade produktionen av mjölk med 5%, av nötkött med 10%, av fläskkött med 51% och av kyckling med 68%.



I alla tre scenarier bibehålls mängden protein och fett till befolkningen genom att vegetabiliskt protein och fett ersatte de minskade mängderna animaliskt protein och fett.

För att inte ett stopp för importen av proteinfoder ska leda till ökad import av animaliska livsmedel gäller det att man får befolkningen att ändra sin diet, annars ändrar man bara importen från foderprotein till animaliska livsmedel. Åtgärder som underlättar omställningen för griskötts- och kycklingproducenter behövs också vid ett stopp för importen av proteinfodermedel.

Ett stopp för importen av soja skulle minska trycket på avskogning av Amazonas vilket är positivt ur klimatsynpunkt. Det innebär däremot inte någon större minskning av mjölk och nötköttproduktionen. Det är framförallt produktionen av kyckling och fläskkött som skulle minska. Vid stoppad import av fodersoja skulle alltså produktionen av de köttslag som ger minst klimatpåverkan minska mest, medan nötkött, som ger störst klimatpåverkan, skulle minska relativt lite. Detta är dock positivt ur övergödningssynpunkt, för det innebär att vallarealen skulle förbli relativt oförändrad och vall läcker ju betydligt mindre växtnäring än övriga grödor. Och det är även de betande djuren som har potential att bidra till den biologiska mångfalden i våra naturbetesmarker som idag behöver betas mer.

Ovanstående beskriver konsekvenserna vid ett importstopp av fodersoja till hela EU. Man kan tänka sig att konsekvenserna i Sverige kan bli annorlunda. Vi är en nettoexportör av spannmål. Vid stoppad import av fodersoja kan man därför tänka sig att arealen för att odla inhemskt proteinfoder för att ersätta den stoppade sojaimporten tas från arealen där spannmål för export odlas idag. Dessa inhemskt odlade proteingrödor kan vara ärtor eller bönor, eller oljeväxten raps, vars presskakor efter oljeutvinningen är ett proteinfoder. Ingen av dessa tre grödor, ärtor, bönor och raps, är bättre ur utlakningssynpunkt än spannmål. Snarare finns det för alla tre grödorna risk att utlakningen av näring, och speciellt av kväve ökar eftersom deras skörderester mineraliseras snabbt efter skörd, vilket även kan innebära en viss ökad risk för yterrosion.

Ett annat proteinfoder som kan bli intressant är protein från gräs. I EU-projektet Green Valleys undersöker projektpartners från Sverige (Agroväst, SLU, Chalmers m.fl.) och från Danmark (Aarhus universitet, Skive kommun) möjligheten att i ett bioraffinaderi framställa två olika proteinfoder från vall (Agroväst, [www](http://www.agrovast.se)). Dels ett fiberrikt proteinfoder lämpat för idisslare och dels en proteinrik pressjuice, vars proteinkvalitet ska lämpa sig för svin och höns. Utfodringsförsök och värdering av dessa foder pågår på SLU:s anläggning Götala och de första resultaten väntas under vår-sommar 2021.

Om konkurrenskraftiga proteinfoder via bioraffinaderiet kan tas fram skulle det kunna underlätta ett stopp för importen av fodersoja och troligen mindre påverkan på produktionen av gris- och fågelkött än vad som gavs ovan, eftersom man kan få en proteinpasta med god proteinkvalitet. Det skulle innebära en ökad areal vall på åker vilket skulle minska utlakningen av näringsämnen från åkermark och öka dess mullinlagring och därmed även fungera som kolsänka. Dessutom skulle en ökad areal vall innebära minskad plöjning och jordbearbetning, vilket minskar klimatutsläppen samt användningen av bekämpningsmedel.

7/ SYNERGIER OCH MÅLKONFLIKTER MED ANDRA HÅLLBARHETSASPEKTER

Nedan listas ett antal synergier och målkonflikter mellan de åtgärder som presenteras i denna rapport för att minska läckaget och/eller öka återföringen av kväve och fosfor med andra hållbarhetsaspekter.

Synergier

■ **KLIMAT:** Jordbruket står för cirka 16% av växthusgasutsläppen i Sverige. Utsläppen kommer till stor del kommer från biologiska processer, såsom lustgas från marken och metan från djur (Naturvårdsverket). En mer effektiv användning av växtnäring är därför en av de viktigaste åtgärderna för att minska jordbrukets klimatpåverkan.

■ **KLIMAT:** I grunda kustområden som är påverkade av övergödning och där det finns stora mängder organiskt material kan högre vattentemperatur leda till ökad produktion av metan från sedimenten (Östersjöcentrum, 2020).

■ **KLIMAT, BÖRDIGHET OCH MARKENS VATTENHÅLLANDE FÖRMÅGA:** En effektiv hantering och användning av stallgödsel bidrar till minskade utsläpp av lustgas, kväveoxider, ammoniak och metan till luften. Återföring av stallgödsel till åkermark medför ökad inbindning av kol i marken vilket ökar bördigheten och den vattenhållande förmågan.

■ **KLIMAT:** En minskad användning av mineralgödsel bidrar till minskad klimatpåverkan då framställningen av mineralgödsel idag i hög grad är baserad på fossil energi och dessutom ger utsläpp av lustgas.

■ **BIOLOGISK MÅNGFALD:** Åtgärder som minskar växtnärläckaget i lantbruket bidrar till att skydda den biologiska mångfalden i sjöar, vattendrag och hav men också på land genom att undvika att ensidigt gynna vissa arter som till exempel nässlor.

■ **BIOLOGISK MÅNGFALD:** Våtmarker, skyddszoner och tvåstegsdiken, om rätt utformade, kan bidra till att öka den biologiska mångfalden i jordbrukslandskapet. Odling av mellangrödor och fånggrödor kan också innebära en ökad biologisk mångfald på odlingsfälten, inte minst då det gäller mikroorganismer.

■ **VATTEN I LANDSKAPET & KLIMATANPASSNING:** Våtmarker innebär en fördröjning av vatten i landskapet vilket leder till minskad risk för höga flöden både lokalt och nedströms i avrinningsområdena och är på så sätt en viktig del i klimatanpassningsarbetet. En våtmark kan också, om rätt utformad, öka kolinlagringen.

■ **VATTEN I LANDSKAPET:** Vattenhållande åtgärder i landskapet är positivt för bibehållandet av grundvattennivåer och minskar lantbruket och samhällets sårbarhet under längre torrperioder.

■ **MINSKAD SÅRBARHET:** En ökad cirkularitet och hushållning med gödsel i svenskt lantbruk kan skapa mervärden i form av minskad sårbarhet och importberoende av mineralgödsel och djurfoder.

POTENTIELLA MÅLKONFLIKTER

■ **GIFTFRI MILJÖ:** Det finns utmaningar och olösta frågor med organisk gödsel och restprodukter från livsmedelsindustrin vilka kan förorenas med framförallt växtskyddsmedel, särskilt vid import av restprodukter från andra länder med lägre krav på och mindre kontroll på användningen av växtskyddsmedel.

■ **GIFTFRI MILJÖ:** Tungmetaller kan också vara ett problem för såväl olika typer av stallgödsel, till exempel svinggödsel med avseende på zink, koppar och kadmium och biogödsel. Tungmetaller behöver uppmärksammas och hanteras oavsett vilken typ av organiskt avfall eller gödsel som vi återför till åkermark.

■ **GIFTFRI MILJÖ:** Frågan om avloppsslammet innehåll och risker vad gäller tungmetaller, organiska miljögifter och läkemedelsrester är det som varit i centrum för diskussion och debatt för- och emot slamanvändning på åkermark under mer än 20 år. I SOU 2020:3 gjordes bedömningen att det saknades evidens för att kvalitetssäkrat avloppsslam med god kvalitet skulle innebära några direkta hälso- och miljörisker. Flera remissinstanser ifrågasatte detta och förordade ett totalförbud mot slamspridning, medan andra delade utredningens värdering om att ett totalförbud var onödigt hård styrning sett till kunskapsläget.

■ **KLIMAT, BIOLOGISK MÅNGFALD OCH EN GIFTFRI MILJÖ:** Den omfattande strukturkalkning som föreslås av Vattenmyndigheterna skulle innebära att stora mängder kalk som är en ändlig resurs behövs. Brytningen av kalk har även en stor påverkan på de ekosystem där brytningen sker och är en energikrävande process. Kalken innehåller därtill tungmetallen kadmium. Kemi (2011) anger att mängden kadmium per kg kalk kan uppgå till 0,4 mg per kg CaO. Vid en strukturkalkning om 5 000–8 000 kg kalk/hektar ger det ett tillskott om ca 2–3,2 gram kadmium per hektar. Denna mängd kadmium kan sättas i relation till tillskottet av kadmium som sker till följd av luftdeposition av kadmium till följd av luftföroreningar. Naturvårdsverket för statistik över luftdeposition av luftföroreningar till mark. I Södra Sverige, som är mest drabbat av deposition av luftföroreningar så uppgår depositionen till omkring 0,1–0,3 mg kadmium per kvadratmeter och år, vilket motsvarar 1–3 gram kadmium per hektar och år (Naturvårdsverket 2021). Strukturkalkningens bidrag av kadmium på en hektar i södra Sverige skulle därmed vara i samma storleksordning som ett års luftdeposition.

■ **ÖKAD SJÄLVFÖRSÖRJNING AV LIVSMEDEL:** Sveriges livsmedelsstrategi har som målsättning att öka den inhemska produktionen av livsmedel. Om detta sker genom en uppskalning av lantbruket som det ser ut i dag kommer det att resultera i ett ökat läckage av växtnäring till omgivande ekosystem.

8/ EKONOMISKA KONSEKVENSER

Kostnaden för att genomföra Vattenmyndigheternas prioriterade åtgärder uppskattas till ungefär 6 900 miljoner kronor under 2021–2027. Om man utgår från befintliga ersättningsnivåer skulle ungefär 4 250 miljoner kronor finansieras via de offentliga ersättningssystemen och resterande del skulle behöva finansieras av verksamhetsutövaren, det vill säga lantbrukaren (Vattenmyndigheterna, 2020).

Då svenska lantbrukare redan är under kostnadspress är en viktig förutsättning för en bred spridning av ovan åtgärder att lantbrukarna på ett eller annat sätt får återstående kostnader täckta via någon form av merbetalning på marknaden. Detta skulle till exempel kunna ske via existerande certifieringar, företagens premieprogram eller andra nya sätt.

Detta gäller även åtgärder som ökar återföringen av växtnäring inom och tillbaka till lantbruket där det idag till stor del saknas ersättning via de offentliga ersättningssystemen. Nedan följer en diskussion kring vilka ekonomiska konsekvenser en övergång till en mer cirkulär användning av växtnäring livsmedelskedja kan ha för olika aktörer.

Lantbrukarna

Gödselkostnader och gödselhantering är i regel kopplade till stora utgifter och lantbruksföretagen är under kostnadspress för att klara lönsamheten. Att fortsätta som vanligt och köpa importerad mineralgödsel är oftast det billigaste alternativet då mer cirkulära alternativ innebär nyinvesteringar, inköp och nya arbetssätt. Kan stallgödsel eller avlopps- och avfallsfraktioner av god kvalitet produceras och tillhandahållas i en form som liknar mineralgödsel eller kommersiella organiska gödselmedel finns det en marknad, under förutsättning att priset kan konkurrera. Detta är inte fallet idag utan här behövs teknikutveckling, nya affärsmodeller och styrmedel.

För ekologiska lantbrukare är situationen annorlunda. De har tydliga begränsningar i vilka typer av gödselmedel/återvunna produkter från samhällssystemet som de får använda. För ett återvunnet gödselmedel med kväve- och fosfor som klarar kraven för ekologisk odling i EU och uppfyller certifieringar etc. finns troligen en större betalningsvilja än hos konventionella lantbrukare. Å andra sidan kan det vara extremt svårt att få olika återvunna gödselmedel godkända för ekologisk produktion.

Det behövs förändringar i kostnadsbilden, till exempel ökade intäkter från grödor/produkter som är odlade med recirkulerad växtnäring alternativt att andra nyttor med stort värde kan kopplas till växtnäringens åtgärder för att lantbruket ska öka andelen recirkulerad växtnäring. Skulle t ex arbetet med att gödsla med återvunnen växtnäring på något sätt premieras i landsbygdsprogram och EUs jordbruksstöd skulle det kunna möjliggöra åtgärder hos lantbrukarna på samma sätt som sker vad gäller övergödningsåtgärder.

Vad gäller system för avlopp och kretslopp så finns det alltid en risk för att olika typer av "marknadsförbud" uppstår. Det vill säga att livsmedelsbranschen tar avstånd från t ex gödsling med olika typer av gödselmedel som består av avlopps- och avfallsfraktioner. Tidigare har sådana händelser bland annat skett vad gäller slamspridning och det är ofta kopplat till en rädsla eller omsorg om att varumärken och produkter inte ska sammankopplas med för konsumenten potentiellt negativa aktiviteter.

Livsmedelsindustrin

I nuläget finns en stark drivkraft för Livsmedelsindustrin och livsmedelsproducenterna att kunna visa på en hållbar produktion. Kan växtnäring bli en ny prioriterad fråga kopplad till hållbar livsmedelsproduktion är det ett stort steg framåt. Här bör företagen också göra kopplingen mellan växtnäring och klimatpåverkan samt den biologisk mångfalden framförallt i vattenmiljöerna. Samtidigt är nya typer av insatsmedel eller produktionsmetoder ofta utsatta för hård granskning och även små frågor eller aspekter kopplade till hälsa och miljö kan få stora negativa ekonomiska konsekvenser för livsmedelsindustrins aktörer. Risker för varumärke, negativ media och sammankoppling med negativa diskussioner/debatter är betydligt högre värderade än de vinster som en mer effektiv gödselanvändning skapar. Utmaningen ligger i att utveckla recirkulerande system och steg mot hållbarhet som inte riskerar stor merkostnad eller medial och därmed affärsmässig risk.

Samtidigt sitter livsmedelsindustri och detaljvaruhandel på ett kraftigt verktyg i och med sina upphandlingar. De är inte låsta av tex Lagen om Offentlig Upphandling som offentliga aktörer utan de kan, om de vill, vid inköp ställa olika typer av hållbarhetskrav inklusive på växtnäring och gödselhantering. Om flera företag/aktörer ställer liknande krav på utökad hållbarhet samtidigt eller i samarbete blir genomslaget större även om kraven initialt är relativt milda. Detta är en utveckling som vi idag ser ske vad gäller matsvinn och lokalt odlade livsmedel. I ett längre perspektiv kan möjligen en ökad cirkularitet och hushållning med gödsel i svenskt lantbruk skapa mervärden i form av minskad sårbarhet och importberoende. Hur stora dessa mervärden upplevs beror på hur vi ser på risken för att internationell handel ska drabbas av restriktioner och störningar.

Konsumenterna

Ur ett konsumentperspektiv är de merkostnader som diskuteras till exempel ökad kostnad för att lantbrukaren köper in en dyrare recirkulerad gödsel en relativt liten andel av slutpriset i butiken. Å andra sidan finns det en ständig drivkraft och önskan om att livsmedelspriserna ska vara låga. Det finns i relativt stora kundsegment en betalningsvilja för mer hållbara och miljöriktiga produkter. Detta förutsätter ofta en märkning/certifiering eller liknande av produkten. Att öppna upp konsumenternas betalningsvilja för en märkning eller ett mervärde enbart baserat på en mer cirkulär användning av växtnäring är troligen idag ett svårt steg att ta. Detta då växtnäringens frågan långt ifrån ges samma prioritet och tydliga uppmärksamhet som till exempel klimat, giffrihet och sociala hållbarhetsaspekter. En väg framåt kan vara att recirkulerad växtnäring blir en del i de miljö- och hållbarhetsmärkningar som finns på marknaden, samt att det vid utveckling av beräkningsmodeller för klimatkriterier tas i beaktande att lantbrukets användning av växtnäring utgör en betydande del av dess klimatpåverkan.

Kommunen/offentliga aktörer

Det är hård konkurrens om de skatteintäkter och resurser som finns hos offentliga aktörer. Växtnäringshushållning har antagligen relativt låg prioritet i relation till t ex satsningar på vård, skola och omsorg. Flera av de aktiviteter och det utvecklingsarbete som kan behövas på kommunal/regional nivå är idag inte obligatoriska och kräver därför särskilda politiska beslut vad gäller resurser och budget. Å andra sidan är det möjligt för kommuner och andra offentliga att inom ramarna för lagstiftning

och regler göra specifika satsningar med offentliga medel. Detta förekommer till exempel för klimat och hållbarhetsarbete i stort och smått och kan även riktas mot växtnäingsfrågor, förslagsvis som en parameter/aspekt i definitionen av hållbara livsmedelsinköp. Om nationella, regionala eller lokala mål om växtnäingshantering formuleras och beslutas möjliggör det ofta att resurser till utvecklingsarbete och investeringar skapas.

En möjlighet är att koppla nya uppgifter, aktiviteter och åtgärder om växtnäring till de åtgärder som idag redan krävs av kommunerna i arbetet med att nå vattenförvaltningens mål om en god vattenkvalitet och särskilt då åtgärder kopplade till övergödningssproblematik. Synergier/samordning i vattenmiljöarbetet kan möjliggöra resurser för att gå mot en mer hållbar växtnäingsförsörjning.

Det finns ytterligare en ekonomisk aspekt av kommunernas åtgärdsarbete. Insamling, transport och behandling av både avlopps- och avfallsrelaterade växtnäingsflöden finansieras idag via taxor. Kommunens huvudmän för avlopp och avfall har rådighet över dessa och kan använda dem så länge de följer va- och avfallslagstiftningen samt övriga kommunala regelverk. Även om det finns begränsningar för hur dessa kan användas för att styra mot ökad resurshushållning och hållbarhet vad gäller växtnäring, är detta en möjlighet för att möjliggöra initiala investeringar i infrastruktur, behandling och återföring. Denna typ av utveckling har vi sett vad gäller organiskt matavfall och insamling för kompostering och rötning. Då har avfallshantering och biogasproduktion varit i fokus och haft hög prioritet. Sveriges va-huvudmän investerar dessutom redan idag kontinuerligt i teknik och aktiviteter för att få spridning av rent avloppsslam till åkermark. I slutänden täcks dessa kostnader av va- och avfallsabonnenter som betalar avfalls- och va-taxor och de är relativt okänsliga för kostnadshöjningar.



9/ REKOMMENDATIONER TILL LIVSMEDELSKEDJANS AKTÖRER

Verka för ett "Gödsellyft"

Även om vi i denna rapport inte lyckats kvantifiera en potential till ökad recirkulering eller minskade utsläpp är stallgödsels växtnäingsflöde både stort och det är dessutom ojämnt fördelat över landet. Ett "gödsellyft" skulle kunna vara en nationell satsning där statliga medel samverkar med livsmedelsbranschens aktörer för att skapa resurser för såväl teknikutveckling som investeringar i framtidens gödselhantering. Detta skulle kunna inkludera koncentrerad och utvinning av växtnäring, volymreducering och biogasproduktion för stallgödsel, inklusive hästgödsel. Ett exempel på en sådan nystartad regional satsning i mindre skala är det av Balticwaters 2030 och andra finansierade projektet "More NP" som under 2020–2026 satsar på teknikutveckling och pilotanläggningar i Kalmarregionen¹.

Exempel på teknik som behöver förbättras är kostnads- och energieffektiv avvattnings, produktion av fosforrikt fast gödselmedel och utvinning av fast mineralkvävegödsel. Synergier finns med den utveckling av storskalig biogasteknik som utvecklas snabbt samt med mer småskalig, till exempel gårdsbaserad biogasteknik som är ett nyare fält för innovation och där nya tekniklösningar testas och utvärderas. Synergier finns även med de tekniker för näringsutvinning som provas i det källsortande avloppssystemet i H+ i Helsingborg. Parallellt med detta behöver också nya affärsmodeller för hur gödselhanteringen ska organiseras och bli lönsam utvecklas samt även styrmedel som på sikt skapar ekonomiska förutsättningar för uppskalning och spridning av mer hållbar teknik för stallgödselhantering.

Stärk och sprid Greppa näringsens arbete med växtnäingsbalanser

Miljömålsberedningen lyfter fram att en utveckling mot att fler växtnäingsbalanser upprättas på gårds- och fältnivå vore gynnsam för att minska övergödningen och förbättra recirkulationen av växtnäring inom lantbruket. I Miljömålsberedningens betänkande (SOU 2020:83) diskuterar man också möjligheten att växtnäingsbalanser kan vara ett krav som kopplas till att få vissa stöd. En parallell väg framåt är att livsmedelsföretag och detaljvaruhandeln utvecklar kriterier som gynnar alternativt förutsätter att de lantbrukare som levererar till dem har gjort denna typ av analys av sin verksamhet.

Premiera återvunnen gödsel och god växtnäingshantering

Svenska uppköpare skulle stegvis kunna utveckla krav eller kanske hellre en ekonomisk premie för att en viss andel av de gödselmedel som används ska vara svenska och/eller recirkulerad. Detta kanske inte ändrar hela systemet men kan i en policymix tillsammans med andra ekonomiska incitament över tiden spela stor roll, om inte annat som en signal om en önskad riktning för lantbrukarnas utveckling.

¹ www.balticwaters2030.org



Ofta kan certifieringar, till exempel Svenskt sigill, Klimatmärkning, KRAV och liknande, leda till ökad ersättning för det lantbrukaren producerar och säljer. Flera av dessa har idag kriterier som i viss mån styr växtnäringshantering och gödsling, vilka skulle kunna förbättras/utökas. Ett exempel är IP Svenskt Sigills tillvalsregler för klimatcertifiering som bland annat kräver att nyckeltal för kväveutnyttjande i den certifierade verksamheten ska beräknas varje år baserat på kvävebalansen. Aktuella nyckeltal och ett beräknat genomsnitt för den senaste femårsperioden ska användas som underlag till uppföljning och i de fall ingen förbättring sker ska också en åtgärdsplan tas fram (Svenskt Sigill, 2019). Ett annat exempel är KRAVs regler för ekologisk produktion som bland annat har krav på att regelbundet göra en fosforbalans för att ha kontroll över användningen av fosfor på gårdsnivå samt begränsar den totala tillförseln av kväve med alla gödselmedel till maximalt 170 kg kväve/ha och år stallgödsel i nitratkänsliga områden (vilka utgör större delen av jordbruksmarken i Sverige). Begränsningen på maximalt 170 kg totalkväve/ha med finns också med i nuvarande EU-förordning för ekologisk produktion (KRAV, 2020).

Utveckla proaktivt förhållningssätt till användning av nya avloppsfraktioner

Det är viktigt att både på kort och lång sikt hitta former för hur livsmedelssektorns aktörer kan utveckla och förankra tydliga kvalitetskrav på de avloppsfraktioner som ska användas som gödsel på åkermark. En branschdialog kan utvecklas oberoende av om ny lagstiftning kommer på plats eller inte de närmaste åren. I ett längre perspektiv är nationella och av myndigheter utvecklade krav nödvändiga för att livsmedelssektorns aktörer ska kunna förhålla sig till såväl avloppsslam som andra avloppsfraktioner.

Adressera avloppssystemets hantering av växtnäring som en helhet

I denna rapport visas på en potential att recirkulerade avloppsfraktioner på längre sikt kan ersätta ca 25% av mineralkvävet och ca 40% mineralfosfor som årligen används i lantbruket. Avlopp i kretslopp har tidigare huvudsakligen diskuterats som en fråga för/emot slamspridning på åkermark. Detta perspektiv förskjuts nu och flera utredningar och rapporter pekar nu på nödvändigheten i att adressera avloppssystemets hantering av växtnäring som en helhet. Detta motiveras till exempel med att endast en liten del av avloppets kväve finns i det slam som avloppsreningsverken producerar och att ny teknik och nya metoder behövs för att återvinna och återföra mer kväve än idag. I denna rapport har inte andra makro- och mikronäringsämnen berörts, men vad gäller innehållet i avlopp så förlorar vi idag i princip också allt kalium i våra avloppssystem till sjöar och hav, en viktig resurs för ersätta det icke förnybara kaliumet i mineralgödseln.

Utveckla kommunernas planering och målarbete vad gäller växtnäring

Precis som på nationell och regional nivå hamnar frågorna om växtnäringens flöden utanför kommunernas kunskapsunderlag och styrdokument samtidigt som frågan påverkar en rad olika delar av kommunernas planering och verksamhet. Hållbar växtnäringshantering behöver inkluderas i kommunernas befintliga styrdokument. I nuläget är det inte ett kunskapsunderlag som finns tillgängligt som utgångspunkt för vatten-, VA- och avfallsplanering eller för den delen Landsbyggs- och översiktsplanering.

Nationella myndigheter bör vägleda om hur och på vilket sätt växtnäringsfrågorna ska inkluderas i kommunernas styrdokument. I nuläget finns ingen naturlig hemvist för växtnäringsfrågorna. Det är lätt att frågor som det inte ställs direkta krav på eller har en naturlig hemvist i kommunens arbete förlorar i prioritet. Nära kopplat till detta är behovet av utveckling av miljömål för att styra mot ökad recirkulering av växtnäring som lyfts fram av flera utredningar och grupperingar.

Lär av matavfallet

Matavfall bedöms i denna rapport inte ha hög prioritet för att utveckla ny styrning vad gäller kväve och fosforflöden. Detta då det är relativt små växtnäringsflöden relativt andra fraktioner och att det dessutom redan finns styrning på plats i form av miljömål och krav på biologisk behandling och biogasutvinning. Vad som är intressant är att matavfallsinsamling är ett exempel på hur vi på samhällsnivå över tiden styrt ett visst flöde till att bli mer cirkulärt. Arbetet med insamling av organiskt matavfall har utvecklats under mer än 20 års tid, dels drivits av kretsloppsambitioner, dels av regler som deponiförbud för organiskt avfall och deponiskatt, samt av politiska mål om att öka biogasproduktionen och ambitiösa klimatmål.



10/ BEHOV AV MER KUNSKAP

I arbetet att ta fram denna rapport har följande områden där det behövs mer kunskap identifierats:

Kartläggning av växtnärlingsflödena i livsmedelssektorn

Det behövs en helhetsbild av hur växtnärlingsflödena i livsmedelssektorn ser ut för att utifrån det utveckla möjliga åtgärder och strategier. Idag är dataunderlag och statistik svåråtkomligt och dessutom är mycket av den information som behövs hos privata aktörer och inte del av officiell statistik. Här kan branschaktörer samverka med offentliga aktörer och även själva utveckla former för hur nödvändiga data ska kunna delas på ett konkurrensneutralt sätt. Detta kan med fördel göras i samarbete med jordbruksverket, Greppa näringen, SLU, Avfall Sverige, Svenskt Vatten, SCB och forskningsinstitut och andra forskarmiljöer. En bredare sådan ansats skulle snabbt kunna förbättra underlaget och statistiken.

Här bör lyftas att det finns växtnärlingsflöden där kunskapen är särskilt liten. Ett sådant är import av växtnäring via foder för vilket det är osäkert om hur omfattande den egentligen är och var det importerade fodret kommer från och vart det tar vägen. Enligt våra beräkningar importerades år 2016 ca 26 500 ton kväve och ca 5 300 ton fosfor. Detta är ungefär lika mycket fosfor och ca 8 gånger mer kväve än vad som finns i det avloppsslam som produceras. Andra osäkra flöden är inhemskt foder samt import och export av livsmedel.

Nationella miljöräkenskaper för växtnäring

På samma sätt som livsmedelsbranschen behöver skaffa sig en bättre bild, behöver nationella myndigheter utveckla och sprida kunskap om hur växtnärlingsflöden ser ut i samhället som helhet genom att etablera nationella miljöräkenskaper för växtnäring. Detta för att kunna utveckla effektiv styrning och mäta utvecklingen mot ökad cirkularitet och hållbarhet. Miljöräkenskaper har utvecklats av SCB och finns för andra områden och sektorer. Den statistik som tas fram är i hög grad ämnad att redovisa olika sektors huvudsakliga flöden och inte att beräkna de sammanlagda fosfor- och kväveflödena i samhälle och ekosystem. Det finns emellertid goda möjligheter att genom en samlad ansats på nationell nivå utveckla metodik och utifrån befintliga statistikunderlag göra betydligt säkrare beräkningar av samhällets kväve- och fosforflöden än vad som denna rapport lyckats göra.

Modeller för att beräkna och beskriva växtnärlingsflöden på avrinningsområdesnivå

När vi utvecklar styrmedel och åtgärder för att minska de övergödande utsläppen behöver vi både kunskap och data om samhällets flöden av växtnäring och beräkningar av utsläppens verkliga storlek till vatten. För att kunna identifiera och föreslå kostnadseffektiva åtgärder bör de transport- och retentionsmodeller som nu tas fram för avrinningsområden därför kompletteras med beräkningar av samhällets växtnärlingsflöden. Metodik och modeller för detta finns, men har inte i någon vidare omfattning applicerats på avrinningsområdesnivå. I ett första steg kan det handla om att ta fram verktyg för att göra enklare substansflödesanalyser/beskrivningar

av in- och utgående flöden av växtnäring för det avrinningsområde som studeras. En ansats till detta angreppssätt gjordes inom ramen för demonstrationsprojektet Levande Kust som BalticSea2020 drev 2013-2018 (Kumblad & Rydin, 2018). I ett längre perspektiv vore det intressant att utveckla modeller som kan göra kopplingar mellan flödet i samhället och de transport- och retentionsmodeller som används idag till exempel inom SMED.

Potentialen i en effektivare hästgödselhantering

De enkla överslagsberäkningar som gjorts i denna rapport visar liksom andra studier att det finns risk för stora utsläpp till sjöar och hav från hästverksamheten i landet. Det stora antalet hästar och den idag på många håll outvecklade hanteringen och nyttjandet av hästgödsel i odling pekar på en relativt stor outnyttjad kretsloppspotential samt en potentiellt stor källa till övergödning. Statistiken för hästgödsel och foder etc. för hästar behöver utvecklas och dessutom behöver kunskapen ökas om i vilken grad hästverksamhet bidrar till övergödning via dåligt fungerande gödselhantering och genom att alltför mycket hästgödsel blir kvar i rasthagar.



REFERENSER

- AgriFood 2018. Stallgödsel i en cirkulär ekonomi, Fokus 2018:1
- Agroväst www. Green Valleys.
<https://agrovast.se/eu-projekt/green-valleys/>
- Ahlgren, S., Bauer, F., & Hulteberg, C. (2015). Produktion av kvävegödsel baserad på förnybar energi. Rapport 082, Institutionen för energi och teknik, SLU.
- Akram, U., Quttineh, N. H., Wennergren, U., Tonderski, K., & Metson, G. S. (2019). Enhancing nutrient recycling from excreta to meet crop nutrient needs in Sweden—a spatial analysis. *Scientific reports*, 9(1), 1-15.
- Akram, U., Quttineh, N. H., Wennergren, U., Tonderski, K., & Metson, G. S. (2019b). Enhancing nutrient recycling from excreta to meet crop nutrient needs in Sweden—a spatial analysis. *Scientific reports*, 9(1), 1-15. Supplemental information.
- Aronsson, H., Berglund, K., Diodi, F., Etana, A., Geranmayeh, P., Johnson, H., Wesström, I. 2019. Effekter av åtgärder mot fosforförluster från jordbruksmark och åtgärdsutrymme.
- Bertilsson, G., Rosenqvist, H. & Mattsson, L. 2005. Fosforgödsling och odlingsekonomi med perspektiv på miljömål. Naturvårdsverkets rapport 5518.
- Börjesson, G. & Kätterer, T. 2018. Soil fertility effects of repeated application of sewage sludge in two 30-year-old field experiments. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 112(3), 369-385.
- Börjesson, G. & Kätterer, T. 2019. Correction to: Soil fertility effects of repeated application of sewage sludge in two 30-year-old field experiments. *Nutrient cycling in agroecosystems*
- Danius, L. 2002. Data uncertainties in material flow analysis Local case study and literature survey. Licentiate thesis. *Industrial Ecology*, KTH.
- Energigas Sverige 2019. Produktion och användning av biogas och rötrester år 2018.
- Eriksson, J., Mattsson, L., & Söderström, M. (2010). Tillståndet i svensk åkermark och gröda Data från 2001-2007. Rapport 6349, Naturvårdsverket.
- Eriksson, C. 2018. Livsmedelsproduktion ur ett beredskapsperspektiv Sårbarheter och lösningar för ökad resiliens. *Future Food Reports* 1. SLU och MSB.
- European Commission, 2020. From Farm to Fork – Our food, our health, our planet, our future. Fact sheet. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_908
- Freefarm www. Gris – fodertabell.
- Hao, X., & Benke, M. B. (2008). Nitrogen transformation and losses during composting and mitigation strategies. *Dyn Soil, Dyn Plant*, 2(1), 10-8
- Hellstrand, 2015. Nitrogen flow in Scania – Substance flow analysis on a regional level. Master thesis, Department of Energy and Technology, Uppsala University
- Holtenius, K. 2011. Optimera fosforgivan utan risk för djuren I: Johansson, B. (red) Återvinna fosfor – hur bråttom är det? Formas fokuserar. Formas.
- Jordbruksverket, 2016. Hästhållning i Sverige.
- Jordbruksverket 2020 a). Rekommendationer för gödsling och kalkning 2021. Jordbruksinformation 12, Jordbruksverket.
<https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/vaxtnaring/kalkning>
- Jordbruksverket 2020 b) Växtnäringsflöden på gårdar inom Greppa Näringen. Jordbruksverket rapport 2020:15.
- Jönsson, H. et al., 2005. Composition of urine, faeces, greywater and biowaste for utilisation in the URWARE model. *Urban Water Report* 2005:6.
- Jönsson, H., Nordberg, Å. & Vinnerås, B. 2013. System för återföring av fosfor i källsorterade fraktion av urin, fekalier, matavfall och i liknande rötat samhälls- och lantbruksavfall. Rapport 061, Institutionen för energi och teknik, SLU. ISSN 1654-9406.
- Jönsson, H. 2019. Fosfor, kväve, kalium och svavel – tillgång, sårbarhet och återvinning från avlopp. SLU Rapport 105 Energi och teknik.
- Karlsson, J. O., Parodi, A., Van Zanten, H. H., Hansson, P. A., & Röös, E. (2020). Halting European Union soybean feed imports favours ruminants over pigs and poultry. *Nature Food*, 1-9.
- Kemikalieinspektionen, 2011. Kadmiumhalten måste minska – för folkhälsans skull. Kemikalieinspektionen.
- KRAV, 2020. Regelboken 2021
- Kumblad, L. & Rydin, E. 2018. Effektiva åtgärder mot övergödning – en berättelse om att återfå god ekologisk status i kustområden. Levande Kust, Vitbok. Balticsea2020-rapport.
- Kyllmar, K., & Aronsson, H. (2019). Jordbruk och läckage av nitrat till grundvatten: Naturliga processer, odlingssystem och risk för påverkan. Rapport 2019:25, Havs- och vattenmyndigheten.
- Lindvall, A., Ulén, B. 2009. Fosforläckage vid uppgödsling och tärande av markens fosforförråd. Slutrapport projekt nr 0455018, Stiftelsen Lantbruksforskning.

- Lorick, D., 2019. Assessing the Possibility of a Circular Economy for Phosphorus in Sweden. Master's thesis in Industrial Ecology, Chalmers University of Technology.
- Malmer, E., 2020. Är frekvent mockning av hästhagar en effektiv åtgärd mot fosforläckage? En studie om förbättrad gödselhantering i hästhagar för minskad fosforbelastning. Examensarbete, SLU.
- Metabolic 2020. Potential for circularity in the agri-food system – An analysis of nitrogen and phosphorus flows in the Baltic Sea catchment area
- Naturvårdsverket 2009. Sveriges åtagande i Baltic Sea Action Plan; Förslag till nationell åtgärdsplan. Rapport 5985, Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket 2013. Hållbar återföring av fosfor. Rapport 6580, Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket 2018a. Matavfall i Sverige. Uppkomst och behandling 2016.
- Naturvårdsverket 2018b. Avfall i Sverige 2016
- Naturvårdsverket, 2021. Nedfall av metaller i regional bakgrund (årsdeposition)
- Odlare, M., Pell, M., & Persson, P. E. (2000). Kompostanvändning i jordbruket - en internationell utblick RVF Utveckling-rapport.
- Petersson, J.F, Erlandsson M. L., Smith, D., Engene, N. 2020. Metod för påverkanstypen Diffusa källor – Jordbruk Förslag på åtgärder och miljö kvalitetsnormer.
- Revaq 2019. Årsrapport.
- Rockström, J. et al. 2009. Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. Ecology and Society Vol. 14, No. 2.
- SCB 2018a. Kväve- och fosforbalanser för jordbruksmark 2016. Statistiska meddelanden MI 40 SM 1801, Statistiska centralbyrån.
- SCB 2018b. Livsmedelskonsumtion och näringsinnehåll – Uppgifter till och med 2017 https://www.scb.se/contentassets/e687d939a86b483e8ecf64f4119972ea/jo1301_2017a01_sm_jo44sm1801.pdf
- SCB. 2018c. Utsläpp till vatten och slamproduktion 2016, Statistiska meddelanden MI 22 SM 1801, Statistiska centralbyrån.
- SCB 2020a. Gödselmedel i jordbruket 2018/19 Mineral- och stallgödsel till olika grödor samt hantering och lagring av stallgödsel.
- SCB 2020. Sveriges framtida befolkning 2020–2030 – Län och kommungrupper. Statistiska meddelanden BE 18 SM 2002.
- SCB & Jordbruksverket, 2020. Jordbruksstatistisk sammanställning 2018 med data om livsmedel – tabeller.
- SMED, 2018. Belastning och påverkan från dagvatten. Källor till föroreningar i dagvatten, potentiell effekt, och jämförelser med belastning från andra källor. SMED Rapport Nr 12 år 2018.
- Sohlman 2012. Näringsförluster från åkermark – Åtgärder för att minska transporterna till vattendrag.
- Svenskt Sigill, 2019. TILLVAL FÖR KLIMATCERTIFIERING SPANNMÅL & OLJEVÄXTER.
- Sundblad, E-L. et al. 2014. Utveckling av indikatorer för samhällsfenomen som påverkar utsläpp av näringsämnen till havet. Havsmiljöinstitutets rapport 2014:1.
- Sutton et al. 2013. OUR NUTRIENT WORLD: THE CHALLENGE TO PRODUCE MORE FOOD AND ENERGY WITH LESS POLLUTION United Nations Environment Programme Global Partnership on Nutrient Management; International Nitrogen Initiative.
- SOU 2019:63. Mer biogas! För ett hållbart Sverige. Betänkande av Biogasmarknadsutredningen.
- SOU 2020:03. Hållbar slamhantering. Betänkande av utredningen om en giffri och cirkulär återföring av fosfor från avloppsslam.
- SOU 2020:83. Havet och människan. Volym 1. Delbetänkande av Miljömålsberedningen.
- Tumlin & Mattsson, 2013. Influent loads – observed trends at large wastewater treatment plants in Sweden.
- Ulén, B. (red). 2005. Fosforförluster från mark till vatten. Rapport 5507, Naturvårdsverket.
- Vattenmyndigheterna, 2020. Metod för påverkanstypen diffusa källor Jordbruk – Övergödning – Förslag på åtgärder och miljö kvalitetsnormer.