



## **Fosfor- och kvävenutral kommun**

En överblick av flödet av växtnäringsämnen och förslag på teknik som kan utnyttjas för att uppnå ett bättre kretslopp av fosfor och kväve. Teknikförslagen omfattar även att återställa ekologin där ett accelererat läckage av växtnäringsämnen från samhällets system har skapat obalans.



## Sammanfattning

Detta är en generell version av Teknikmarknads förstudie ”Fosfor- och kvävenutral kommun”. Den kommun som använts i beräkningar och analyser benämns ”Exempelkommunen”.

Genom att samla flera ambitiösa kommuner kring ett gemensamt problem kan en stark grund för framsteg skapas. Förstudien ”Fosfor- och kvävenutral kommun” syftar till att överblicka växtnäringssituationen i de deltagande kommunerna och hitta en gemensam väg framåt, både inom teknik och politik.

### Bakgrund

Fosfor och kväve är två grundämnen som är livsviktiga för alla växter och djur. De finns ofta i underskott i naturen. Tillskott av fosfor och kväve leder därför till en ökad tillväxt. Användandet av växtnäringssämnen inom jordbruket möjliggör följaktligen ökade skördar. Även i den naturliga miljön leder tillskott av fosfor och kväve till ökad tillväxt. När stora mängder växtnäringssämnen ansamlas i vattenmiljöer leder detta dock till negativa konsekvenser. Där sker då en stor ökning av antalet alger och bakterier som tidigare har varit hämmade av brist på dessa ämnen. Övergödningen gör att sjöar och vattendrag växer igen och skapar även döda bottenar på grund av den stora mängd syre som konsumeras för att bryta ned det ökade tillskottet av alger och annat biologiskt material.

Övergödningen av vattenmiljöer har tidigare varit den huvudsakliga orsaken till att se över flödena av fosfor och kväve. Åtgärderna har därför fokuserat på att förhindra utsläppen till vatten. Det har lett till att reningsprocesserna inte är optimerade för återvinning av växtnäringssämnen. Det medför ett problem när samhället nu inser att fosfor och kväve måste återföras till produktiv mark.

Lättillgängliga, billiga växtnäringssämnen är ingen oändlig resurs. Fosfor utvinns från gruvor och dagbrott på ett fåtal platser i världen där malm med hög fosfathalt återfinns. Kvävegödsel framställs med hjälp av vätgas som i sin tur framställs från fossil naturgas. I framtiden kommer det på grund av brist på resurser och energi bli dyrare att framställa växtnäringssämnen. Det drabbar först fattiga länder och så småningom även oss. Det är alltså viktigt att öka kretsloppet av fosfor och kväve och därmed minska behovet av att framställa mineralgödsel.

### Kartläggning av flöden

En kartläggning av fosfor- och kväveflöden genom Exempelkommunen har genomförts. Den baseras dels på uppgifter insamlade från kommunen och dels på beräkningar utifrån statistik som finns tillgänglig från bland annat SCB, Jordbruksverket och Livsmedelsverket, både på nationell och kommunal nivå. Kartläggningen baseras även på tidigare studier inom området.

Fosfor och kväve flödar i huvudsak från jordbruk till hushåll, för att sedan hamna i avlopp och avfall. Jordbruket svarar för ett stort inflöde av

växtnäringsämnen via framförallt mineralgödsel och foder. Fosfor och kväve lämnar sedan jordbruket i form av livsmedel och går via matbutiker och restauranger för att slutligen konsumeras av oss människor. Överföringen mellan jordbruket och livsmedelskedjan sker framförallt på en nationell nivå. Det som produceras inom jordbruket lämnar därför till stor del kommunen och livsmedel till konsumentledet kommer nästan uteslutande från källor utanför kommunen. Växtnäringsämnena i maten vi äter hamnar sedan i kommunala och enskilda avlopp. De kommunala avloppsreningsverken hindrar större delen av växtnäringen från att nå vattenmiljön, men försvårar samtidigt en effektiv återföring av densamma. Enskilda avlopp är ett stort problemområde som står för en stor del av de totala utsläppen av framförallt fosfor, men även till viss del kväve. Ett annat stort utflöde är matavfall. En viss del är nödvändigt avfall som uppstår vid matlagning men den största delen är svinn som är möjligt att undvika. Även matavfallet förstörs ur växtnärings synpunkt i och med sopförbränningen.

Det finns även andra stora flöden som inte är kopplade till livsmedels- och avloppskedjan. Deposition av atmosfäriskt kväve utgör ett betydande inflöde. Detta nedfall härstammar till stor del från utsläpp utanför kommunen och Sverige. Även inom kommunen genereras dock betydande utsläpp från trafik vilket gör kväveoxider till ett av de större utsläppen av kväve.

### **Tekniska lösningar**

Den teknik som tidigare varit mest framgångsrik för att förhindra läckage av fosfor och kväve är inte nödvändigtvis den som är bäst lämpad för återföring dessa ämnen när fokus nu skiftar från kvittblivning till återföring. Avloppsreningsverk binder exempelvis fosfor i det förorenade slammet och släpper ut kvävet till atmosfären i form av kvävgas. De tekniska lösningarna som beskrivs i förstudien sträcker sig från enkla lösningar som redan används i många kommuner som exempelvis insamling av matavfall i separata biopåsar till avancerade lösningar som kan framställa rena växtnäringsämnen från blandade fraktioner (struvitfällning ur avloppsvatten). Teknikkartläggningen innehåller även fördjupningar inom områdena urinsortering och lågflödesmuddring. Urinsortering möjliggör en energieffektiv återvinning av ett stort utflöde av fosfor och kväve samtidigt som det medför andra positiva miljöeffekter som minskade läkemedelsutsläpp och möjligheten att värmeväxla BDT-vattnet. Lågflödesmuddring är en teknik under utveckling som syftar till att på ett skonsamt och effektivt sätt plocka upp recenta sediment som byggs upp i sjöar och havsvikar. På så sätt kan den naturliga vattenmiljön återställas samtidigt som växtnäringsämnen kan återföras till jordbruket.

### **Ambitionsnivåer**

Fyra scenarier för växtnäringshanteringen inom kommunen presenteras. De är indelade efter stigande ambitionsnivå och inom varje nivå finns ett antal utvalda tekniska lösningar som tillsammans skapar ett mer eller mindre komplett system för växtnäringsåtervinning. Nivåerna benämns brons, silver, guld och platina. Brons-nivån använder sig av matavfallspåsar och slamåterföring som huvudsakliga metoder. På silver-nivån introduceras struvitfällning i avloppsreningsverken och Södertäljemodellen för enskilda

avlopp. Guld-nivån är betydligt ambitiösare med urinsortering för både enskilda avlopp och kommunalt anslutna fastigheter. Matavfall från både hushåll och storkök samlas upp i tankar och rötas till biogas. Dessutom ingår vissa beteendeförändringar. Platina-nivån lägger till ytterligare miljövinster som inte direkt är kopplade till fosfor och kväve men som möjliggörs av de nya systemen. Dessutom sker en återföring av växtnäringsämnen genom att recenta sediment tas upp från sjöar och havsvikar.

### **Förstudiens slutsatser**

Följande slutsatser kan dras av förstudien:

- Vaxtnäringsämnen är framtida bristvaror och kretsloppsförluster av fosfor och kväve bör därför undvikas.
- Kretsloppsförlusterna av fosfor är stora jämfört med de läckage till vattenmiljöer som tidigare åtgärder framförallt har fokuserat på.
- Teknik finns tillgänglig, både för att ytterligare minska läckaget och för att öka återföringen av växtnäringsämnen till jordbruket.
- Det är viktigt att säkerställa att vald teknik för återföring av växtnäringsämnen inte medför negativa bieffekter så som tillförsel av tungmetaller till jordbruksmark eller uppkomst av antibiotikaresistenta bakterier.
- Beteendeförändringar kan både minska användandet och utsläppen av växtnäringsämnen.
- Att uppnå ett komplett kretslopp av växtnäringsämnen är en tidskrävande process. Omställningen bör därför inledas i god tid. Om kommunen redan nu ser över de möjligheter som finns att tillgå så finns det gott om tid att införa den teknik som krävs.

# Projektgrupp

**Projektet har bedrivits av en projektgrupp bestående av följande personer:**

Torbjörn Andersson	Teknikmarknad
Anna Bäcklund	Teknikmarknad
Livija Ginters	Teknikmarknad
Nils Laike	Teknikmarknad
Bengt Simonsson	Teknikmarknad

Teknikmarknad, 2012

Teknikmarknad  
Lindstedtsvägen 9  
114 28 Stockholm

[www.teknikmarknad.se](http://www.teknikmarknad.se)

## Innehåll

1. Inledning .....	1
2. Syfte och mål .....	2
3. Metod.....	3
Rapportens upplägg.....	3
Vikten av att återföra växtnäringsämnen .....	3
Kartläggning av fosfor- och kväveflöden .....	3
Kartläggning av tillgänglig teknik.....	3
Framtidsscenarier .....	3
Avgränsningar .....	4
Teknikmarknad .....	4
4. Vikten av att återföra växtnäringsämnen.....	5
De viktigaste växtnäringsämnena.....	5
Växtnäringsämnenas roll i jordbruket .....	5
Fosfor .....	6
Växternas upptag av fosfor.....	6
Den naturliga fosforcykeln .....	6
Fosfor – en sinande resurs.....	7
Fosfor kan inte ersättas .....	8
Minskad användning i Sverige.....	8
Kväve.....	9
Växternas upptag av kväve .....	9
Tillgången på kväve.....	9
Miljöproblem relaterade till fosfor och kväve .....	10
Övergödning.....	10
Försurning.....	10
Fosforgödsel och hälsan .....	10
Återvinning av näringsämnen .....	11
5. Kartläggning av kväve- och fosforflöden .....	12
Inledning .....	12
Jordbruk .....	12
Inflöden till jordbruket .....	13
Utflöden från jordbruket.....	17
Livsmedelsproduktion och distribution .....	20
Livsmedelsbutiker och grossister .....	21

Inflöde till butik och grossist.....	21
Utflöden från butik och grossist.....	22
Restauranger.....	23
Hushåll.....	24
Inflöden till hushållen.....	24
Utflöden från hushållen.....	26
Matavfall.....	28
Inflöde av matavfall.....	28
Utflöden av matavfall.....	29
Avloppssystemet.....	30
Inflöden till avloppssystemet.....	31
Utflöden från avloppssystemet.....	33
Skogsbruk.....	34
Förbränningsprocesser.....	36
Deposition på vatten.....	38
Utvärdering av flöden.....	42
Osäkerheten i flödesberäkningarna.....	42
Sammanfattning av läget i Exempelkommunen.....	42
Huvudflöden.....	42
Totala in- och utflöden.....	43
Inflöden.....	44
Utflöden.....	44
Gamla och nya problemflöden.....	46
Vad är en fosfor- och kvävenutral kommun?.....	47
Förbättringspotential i Exempelkommunen.....	48
Ytterligare problemflöden.....	49
6. Teknik för växtnäringsåtervinning.....	51
Jordbruk.....	51
Reglerad dränering.....	51
Återföring av dräneringsvatten.....	52
Användning av filtermaterial.....	53
Färgsensorstyrd gödsling.....	53
Uppdelad gödsling.....	54
Nya gödselmedel.....	55
Matavfall.....	55
Storkök.....	56
Hushåll.....	57
VA.....	58



Kommunala avloppsreningsverk .....	58
Källsortering av avloppsfraktioner uppströms .....	59
Urinsortering för enskilda avlopp .....	67
Övriga lösningar för enskilda avlopp .....	67
Dagvatten .....	70
Muddring.....	71
Utsläpp av kväveoxider.....	72
7. Scenarier för växtnäringshantering.....	74
Brons .....	74
Återföring av matavfall.....	75
Återföring av avloppsfraktioner.....	75
Enskilda avlopp .....	76
Silver .....	76
Reduktion av jordbrukets läckage.....	77
Återföring av matavfall.....	77
Återföring från avlopp.....	78
Enskilda avlopp .....	78
Guld.....	78
Jordbruk med reglerad dränering.....	79
Fyra avloppsrör.....	79
Enskilda avlopp .....	80
Storkök och restauranger .....	81
Beteendeförändringar .....	81
Platina .....	81
Värmeåtervinning.....	82
Eliminering av läkemedelsrester .....	82
Återföring av sediment.....	83
8. Diskussion.....	85
9. Slutsatser.....	87
10. Nästa steg.....	88
Källhänvisning .....	89
Bilaga 1 – Växtnäringsämnen .....	95
Näringsämnenas roll.....	95
Bilaga 2 – Mineralgödsel .....	99
Vad är mineralgödsel? .....	99
Innehåll.....	99
Tillverkning av mineralgödsel.....	99
Marknaden i Sverige och världen .....	101

Prisutveckling .....	101
Miljöpåverkan .....	102

# 1. Inledning

God tillgång på växtnäringsämnen är en förutsättning för att grödor ska växa. Dagens moderna och resursintensiva jordbruk kräver större mängder av växtnäring. Denna växtnäringstillförsel är till stor del av fossilt ursprung men har varit nödvändig för att stödja 1900-talets befolkningsexpansion. Samtidigt har ovarsamma gödslingsmetoder lett till ökade miljöproblem i form av övergödning av sjöar och hav. Förstudien fokuserar framförallt på fosfor och kväve då de har störst betydelse, både för odlingen och för övergödningen.

Fosfor och kväve flödar genom samhället, framförallt i form av livsmedel som sedan blir avfall och avloppsvatten. Eftersom växtnäringsämnena inte förstörs i samband med att de används kan de återvinnas från dessa avfallsströmmar och återföras till flödeskedjans startpunkt, jordbruket. Denna återföring är viktig för både fosfor och kväve. Tillgänglig fosfor är en ändlig resurs som kommer att sina inom en överskådlig framtid. Kväve är energimässigt dyrt att framställa och återvinning kan därför spara energi och växthusgasutsläpp.

Det finns ett antal miljömål uppställda kring hanteringen av växtnäringsämnen. I de nationella miljö kvalitetsmålen som utgör grunden för den svenska miljöpolitiken finns flera mål och delmål som berör både bristen på fosfor och kväve och problemet med övergödning. För utsläpp av växtnäringsämnen till vattenmiljöer har målet varit att uppnå en minskning med 20 respektive 30 procent för fosfor och kväve mellan 1995 och 2010. När Naturvårdsverket 2011 presenterade den årliga rapporten rörande miljömålsuppfyllnad, visades det dock att detta mål inte har uppnåtts.<sup>1</sup> Det krävs därför ökade åtgärder för att minska dessa utsläpp. Även för återföring av växtnäringsämnen till jordbruk finns delmål uppställda. Senast 2015 ska 60 procent av fosforföreningarna i avloppet återföras till produktiv mark, varav hälften bör återföras till åkermark. Det är dock viktigt att inte enbart fokusera på fosfor då en optimering av fosforåtervinningen kan leda till att andra näringsämnen går förlorade, i synnerhet kväve.

I denna förstudie presenteras en kartläggning av fosforflöden inom samhället. Utifrån kartläggningen identifieras sedan de flöden där det finns en potential för ökad återanvändning och tekniken som krävs för att lyckas med detta. Slutligen målas ett antal scenarier upp för hur växtnäringshanteringen kan utvecklas i kommunen. Scenarierna graderas i fyra olika ambitionsnivåer. Från den grundläggande bronsnivån till den mycket ambitiösa platinanivån som även inkluderar energilösningar.

---

<sup>1</sup> Naturvårdsverket (2011)

## 2. Syfte och mål

Förstudien Fosfor- och kvävenutral kommun har följande övergripande syften:

- Att belysa, utvärdera och föreslå lämpliga tekniker för att öka kretsloppet av fosfor och kväve i kommunen genom att kartlägga aktuella massflöden
- Att belysa möjligheterna att kommersialisera fosfor och kväve från avfall och läckage
- Att samverka med angränsande satsningar och organisationer, exempelvis Landsbygdsdepartementet, LRF och Länsstyrelser
- Att med samverkande parter hitta fokusområden beträffande fosfor- och kväveåtervinning
- Att belysa möjligheten att driva aktuella systemintegrationer med exempelvis vind- och solenergiinstallationer
- Att kartlägga svensk och utländsk teknik samt utveckling av pris och prestanda
- Att involvera berörda myndigheter, Länsstyrelser, Naturvårdsverket, m.fl.
- Att som ett resultat av förstudien leverera ett beslutsunderlag för utformande av nästa steg
- Att med berörda myndigheter och externa finansörer om möjligt ta fram medfinansiering för pilotprojekt efter förstudien

## 3. Metod

### Rapportens upplägg

Rapporten innehåller fyra huvuddelar, Avsnitt 4-7. Avsnitt 4 beskriver vikten av att skapa system för återföring av växtnäringsämnen. Där presenteras även de senaste siffrorna på tillgången på fosfor och andra ändliga näringsämnen. Därefter redovisas en kartläggning av fosfor och kväveflöden i Avsnitt 5. Kartläggningen är framtagen specifikt för Exempelkommunen. Efter att i kartläggningen ha identifierat verksamhetsområden där potential till förbättring finns presenteras i Avsnitt 6 en sammanställning av tillgänglig teknik som kan möjliggöra en ökad återföring av växtnäringsämnen inom dessa områden. Slutligen målas ett antal scenarier för framtidens hantering av växtnäringsämnen upp i Avsnitt 7. Scenarierna sträcker sig från en kommun som klarar minimikraven upp till en mycket ambitiös kommun som kan titulera sig helt fosfor- och kvävenutral.

### Vikten av att återföra växtnäringsämnen

För att ge en kort bakgrund till problemen kring fosfor och kväve presenteras inledningsvis en kort sammanställning av kunskapen kring dessa växtnäringsämnen. Fosfor och kväve beskrivs ur tre olika vinklar: som växtnäringsämnen, som resurser och som miljöproblem.

### Kartläggning av fosfor- och kväveflöden

En kartläggning har genomförts för att kunna identifiera läckage och problemflöden. Kartläggningen täcker samtliga delprocesser i samhällets omsättning av växtnäringsämnen, från jordbruk till avloppsreningsverk och utsläpp till luft och vattenmiljön. Kartläggningen baseras delvis på uppgifter som har samlats in från kommunen men även på beräkningar gjorda utifrån statistik som finns sammanställd av bland andra SCB, Jordbruksverket, Livsmedelsverket och Naturvårdsverket. Statistiken har anpassats till kommunnivå med hjälp av nyckeltal så som invånarantal, åkerareal och andel enskilda avlopp.

### Kartläggning av tillgänglig teknik

Teknikmarknad kartlägger kontinuerligt ny miljöteknik. I teknikdelen sammanställs lösningar för återföring av fosfor och kväve från identifierade läckage och utflöden. Teknikdelen innehåller även fördjupningar inom områdena urinsortering och återföring av sediment.

### Framtidsscenarier

När framtidens växtnäringsystem ska designas är det svårt att endast utgå från en lista med teknik. Därför har även fyra framtidsscenarier tagits fram där helhetslösningar för kommunen presenteras. De fyra scenarierna är indelade i ambitionsnivåerna brons, silver, guld och platina, där brons representerar ett system som endast uppfyller minimikraven medan platina är ett mycket ambitiöst system för kommuner som vill ligga i framkant.

## **Avgränsningar**

Förstudien fokuserar på återföring av fosfor och kväve. Utöver dessa finns ytterligare ett antal växtnäringsämnen (se Bilaga 1) som även de bör återföras till jordbruket då de utvinns ur ändliga resurser. Flöden för dessa tas ej upp i detalj i rapporten, men påminner till stora delar om flödet av fosfor. Åtgärder som ökar återföringen av fosfor kan därför även antas öka återföringen av övriga näringsämnen.

## **Teknikmarknad**

Teknikmarknad har sitt ursprung från Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm. Teknikmarknad har också kontor på Campus KTH och samtliga medarbetare har examen från KTH, mestadels inom miljöteknikrelaterade områden. Det finns ett utvecklat samarbete med KTH såväl nationellt som internationellt.

Sedan starten 2009 har Teknikmarknad genomfört leveranser till över 100 kommuner. Teknikmarknad har kartlagt och kategoriserat över 1300 miljöteknikdelar. Vi har gjort över 500 matchningar och har hjälpt ett tiotal kommuner att hitta framtidens teknik i samband med projekt inom Delegationen för hållbara städer.

Vi på Teknikmarknad ser det som en hedersuppgift att i samverkan med svenska kommuner fortsätta att befästa Sveriges ledande ställning inom miljöteknik och miljötekniska applikationer.

## 4. Vikten av att återföra växtnäringsämnen

Växtnäringsämnen är en förutsättning för all växtlighet. Tillförsel av växtnäringsämnen i form av mineralgödsel är en grundpelare i vårt moderna jordbruk som möjliggör större skördar. Samtidigt skapar dessa ämnen problem med övergödning när de ansamlas i naturen, i synnerhet i vattenmiljöer. Växtnäringsämnen framställs dessutom från resurser som är begränsade i tillgång. För att säkra jordbruksproduktionen på lång sikt och samtidigt minimera den mänskliga påverkan på naturen är det därför viktigt att skapa ett kretslopp av växtnäringsämnen.

### De viktigaste växtnäringsämnena

Det finns en lång rad grundämnen som är essentiella för växter. De kan delas upp i olika grupper efter vilken mängd de behövs i. De ämnen som växterna behöver i stora mängder kallas för makronäringsämnen. Till makronäringsämnen hör bl.a. kväve (N), fosfor (P) och kalium (K). Ämnen som även de är nödvändiga men som endast krävs i små mängder kallas mikronäringsämnen. I denna grupp återfinns t.ex. mangan (Mn), järn (Fe) och koppar (Cu). Samtliga finns naturligt i de flesta jordar. Det är dock alltid ett näringsämne som finns i underskott i relation till de andra och därmed begränsar tillväxten. Ofta är det fosfor eller kväve som är det begränsande växtnäringsämnet och tillförsel av dessa kan därmed öka tillväxten. Förstudien fokuserar därför på dessa två växtnäringsämnen. För mer information om övriga mikro- och makronäringsämnen, se Bilaga 1.

### Växtnäringsämnenas roll i jordbruket

Alla grödor som odlas på våra åkrar tar upp fosfor och kväve från jorden och använder dem för bildandet av bland annat nukleinsyror, enzymer och klorofyll, men även frön och frukter.<sup>2</sup> Växtnäringsämnena binds därmed i växterna och förs sedan bort från åkrarna när grödorna skördas. Eftersom livsmedel idag ofta transporteras lång väg innan de konsumeras innebär det att ett nettoflöde av fosfor och kväve uppstår, från landsbygden till samhällen och städer. Jordbrukarna måste därför hela tiden tillföra nya näringsämnen i form av gödsel.<sup>3</sup>

Förr användes framförallt spillning från de djur som fanns på gården som gödsel. Idag har de flesta stora gårdar specialiserat sig på antingen odling av livsmedel eller djurproduktion och det har därför uppstått en obalans i tillgången på stallgödsel. Dessutom kan idag endast en liten del av stallgödslet ses som ett nettotillskott då det kräver att djuren betar på mark som inte gödslas. Många gårdar använder därför stora mängder mineralgödsel för att tillföra näring till åkrarna. Mineralgödsel består vanligtvis av kväve, fosfor och kalium. Den fosfor som ingår i mineralgödsel bryts i gruvor i form av fosfatmalm och kvävet framställs från naturgas och luftens kvävgas med mycket energikrävande metoder. För mer information om tillverkningen av mineralgödsel, se Bilaga 2.

---

<sup>2</sup> Jordbruksverket (2003)

<sup>3</sup> Plant Research International (2009)

Möjligheten att framställa mineralgödsel har bidragit till en revolution för jordbruket och har under 1900-talet lett till en enorm produktionsökning. Idag är vi helt beroende av tillförsel av fosfor och kväve via mineralgödsel för att klara av att producera mat till jordens befolkning.<sup>4</sup>

Svenska jordbrukare tillför varje år omkring 10 000 ton fosfor och 150 000 ton kväve till åkrarna.<sup>5</sup>

## Fosfor

### Växternas upptag av fosfor

Fosfor är viktigt för utvecklingen av frö, frukter, rotsystem och växtens fortplantningsförmåga.<sup>6</sup> Fosfor är även en nödvändig byggsten i nukleinsyror och spelar en viktig roll för den interna energiöverföringen (via ATP och ADP+). Brist på fosfor visar sig genom onaturligt långsam utveckling och rödaktiga blad. Växternas förmåga att recirkulera fosfor gör dock att det tar lång tid innan tillväxten avstannar helt.<sup>7</sup>

Den form av fosfor som är tillgänglig för växter är framförallt ortofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Den största delen av den fosfor som finns i åkerjorden är dock i form av oorganiska fosforkomplex. Dessa kan hydrolyseras till ortofosfater över längre tid.<sup>8</sup>

Överskott av fosfor är inget större problem för växterna. Dessutom tenderar överskott av fosfor i jord att leda till att nya fosforkomplex bildas med järn, aluminium och mangan (låga pH-värden) samt kalcium (höga pH-värden).<sup>9</sup> Fosfor kan även förekomma som joner adsorberade till lerpartiklar eller lösta i markvätskan. Det är i markvätskan som den växttillgängliga fosfor finns. De olika formerna av fosfor står i kontakt med varandra via jämviktsreaktioner. Dessa reaktioner går långsammare vid låga temperaturer vilket kan leda till fosforbrist under kalla perioder på våren.<sup>10</sup>

### Den naturliga fosforcykeln

Fosfor förekommer naturligt i de flesta jordar men i relativt begränsade mängder. Dessutom återfinns den största delen av denna fosfor i en icke växttillgänglig form. Fosfor är därför ofta en begränsande faktor vid odling. Brist på fosfor kan vara svårupptäckt då det inte omedelbart ger upphov till tydliga defekter hos växterna.<sup>11</sup> Den fosfor som finns naturligt i marken omvandlas långsamt till växttillgängligt fosfor. Den höga produktionstakt som är standard i dagens jordbruk innebär dock att den naturliga cykeln inte klarar av att förse växterna med tillräcklig mängd fosfor.

---

<sup>4</sup> Cordell et al. (2009)

<sup>5</sup> SCB (2010)

<sup>6</sup> Sijansfors försökspark (2004)

<sup>7</sup> Jordbruksverket (2003)

<sup>8</sup> Sijansfors försökspark (2004)

<sup>9</sup> Sijansfors försökspark (2004)

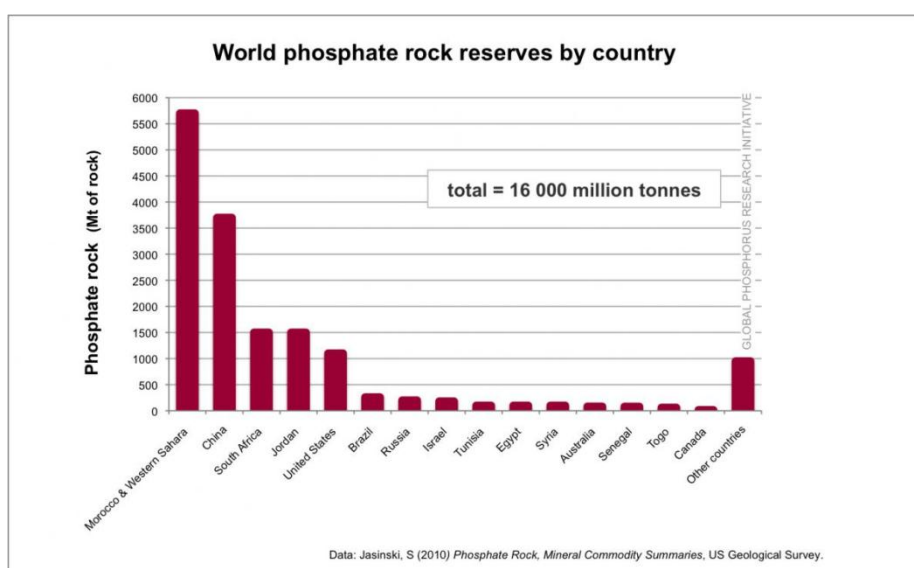
<sup>10</sup> Jordbruksverket (2003)

<sup>11</sup> Grego, S. (2001)



## Fosfor – en sinande resurs

Det beräknas att produktionen av fosfor kommer att nå sin topp så snart som 2030 för att sedan minska.<sup>12</sup> Samtidigt ökar efterfrågan stadigt. Fosfor utvinns idag i gruvor, framförallt i Marocko, Västsahara, Kina och USA som tillsammans står för 73 % av världens fosforresurser. Det uppskattas att dessa resurser kommer att räcka i ytterligare 50-100 år, men redan omkring 2030 förväntas fosforbrytningen nå sin topp för att sedan långsamt börja minska.<sup>13</sup> Samtidigt ökar efterfrågan på världsmarknaden stadigt. Detta förväntas på kort sikt leda till kraftigt stigande priser på mineralgödsel vilket i sin tur ger dyrare mat. På längre sikt kan en fosforbrist hota hela det moderna jordbruket.<sup>14</sup>



Figur 1. Fördelningen av världens återstående fosforreserver.<sup>15</sup>

Både USA och Kina använder framförallt sin fosfor inom det egna jordbruket. Den fosfor som används i mineralgödsel i Europa kommer därför till stor del från Marocko och från det av Marocko ockuperade Västsahara.<sup>16</sup> Det leder till liknande geopolitiska svårigheter som när det gäller import av olja från mellanöstern. Även när det gäller fosfor finns alltså ytterligare skäl till ökad självförsörjning. I Sverige köper vi även fosfor från Finland som är dyrare men håller högre kvalitet.

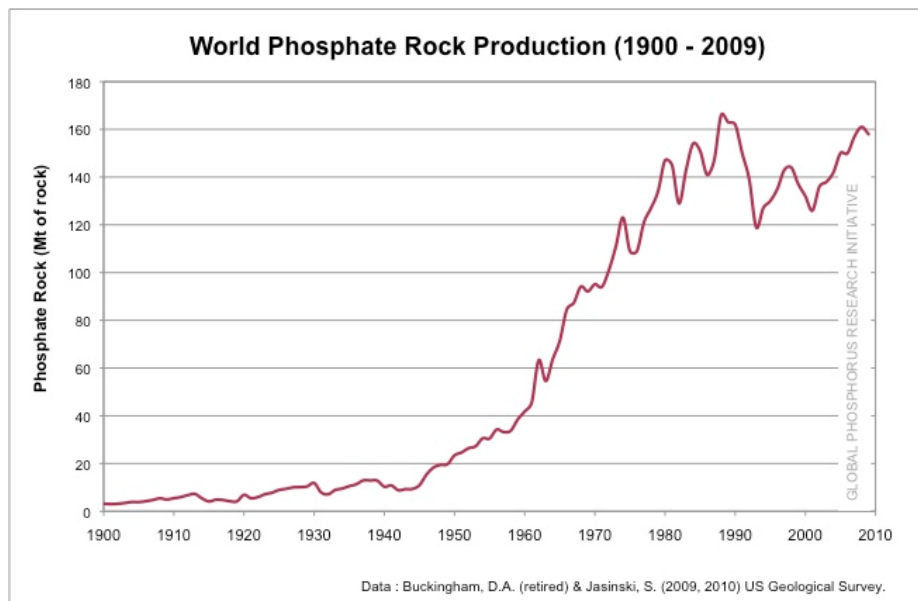
<sup>12</sup> Cordell et al. (2009)

<sup>13</sup> Cordell et al. (2009)

<sup>14</sup> Cordell et al. (2009)

<sup>15</sup> Jasinski, S. (2010)

<sup>16</sup> Cordell et al. (2009)



Figur 2. Produktionen av fosfat har mångdubblats under 1900-talet.<sup>17</sup> 90 % av fosfaten går till produktion av mineralgödsel.<sup>18</sup> Idag är vi helt beroende av att fortsätta bryta fosfat för att upprätthålla vårt moderna jordbruk.

### Fosfor kan inte ersättas

Fosfor är ett grundämne och det finns därför ingen möjlighet att ett alternativt ämne skulle kunna ersätta fosfor. Den roll som fosfor spelar i uppbyggnaden av växter kan inte utföras av ett annat grundämne. Det är med andra ord absolut nödvändigt att säkerställa att fosfor finns tillgängligt för jordbruket även i framtiden.

Att fosfor är ett grundämne innebär dock även att det inte kan förstöras. Till skillnad från exempelvis olja så förbrukas alltså inte fosfor när den används. Istället bevaras den genom hela flödeskedjan vilket möjliggör återvinning. Samma fosforatom kan alltså användas om och om igen av växter och djur. I naturliga miljöer där växter växer och dör på samma plats sker detta kontinuerligt.

Problemet uppstår när grödor skördas och förflyttas från den plats där upptaget av fosfor skett. Det leder till obalans i fosforcykeln.

### Minskad användning i Sverige

I Sverige har användningen av fosfor minskat på senare år. Drivkraften har dock inte varit att hushålla med fosfor utan att förhindra övergödning av sjöar och hav. Odlingen kräver fortfarande ett konstant tillskott av fosfor som i ena änden bryts i en gruva och i andra änden spolas ut i havet via avloppet. Det som krävs för att nå ett hållbart jordbruk på längre sikt är ett kretslopp där det fosfor som förs bort från åkrarna uppbundet i de skördade växterna senare återförs igen efter att det har passerat genom våra kroppar.

<sup>17</sup> US Geological Survey

<sup>18</sup> Cordell et al. (2009)

## Kväve

### Växternas upptag av kväve

Kväve är helt avgörande för växternas utveckling och uppbyggnad. Kväve ingår bland annat i aminosyror, nukleinsyror, enzymer och i bladens klorofyll. God tillgång på kväve ger därför snabb utveckling och friska, gröna blad.

Kväve finns närvarande i en mängd former i jorden. Den största delen av kvävet är uppbundet i organiskt material. En del återfinns i mineralform, framförallt som ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) och nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). Det är framförallt dessa två former av kväve som växter tar upp men även organiskt kväve kan tas upp. Vissa växter har även förmågan att ta upp kväve från den kvävgas ( $\text{N}_2$ ) som finns i luften. Om en växt får kvävebrist leder det snabbt till försämrad tillväxt.<sup>19</sup>

### Tillgången på kväve

Kvävegödsel framställs från den kvävgas som finns i luften. Följaktligen är det, till skillnad från fosfor, en oändlig resurs. Däremot är framställningsprocessen mycket energikrävande och använder dessutom fossil naturgas som startmaterial.

Framställningen av kvävegödsel sker genom den så kallade Haber-Bosch-processen som omvandlar vätgas och kvävgas till ammoniak under högt tryck och hög temperatur. Vätgasen framställs idag framförallt från naturgas med hjälp av ångreformeringsprocessen. Framställningen av kvävegödsel förbrukar idag ca 5 % av världens naturgas, vilket motsvarar 1-2 % av världens totala energiförbrukning.<sup>20</sup> Naturgas är en fossil resurs och därmed begränsad i tillgång. I framtiden kommer det därför bli nödvändigt att titta på andra metoder för framställning av den vätgas som behövs vid produktionen av kvävegödsel. Detta kommer sannolikt att leda till dyrare tillverkningsprocesser för kvävegödsel.

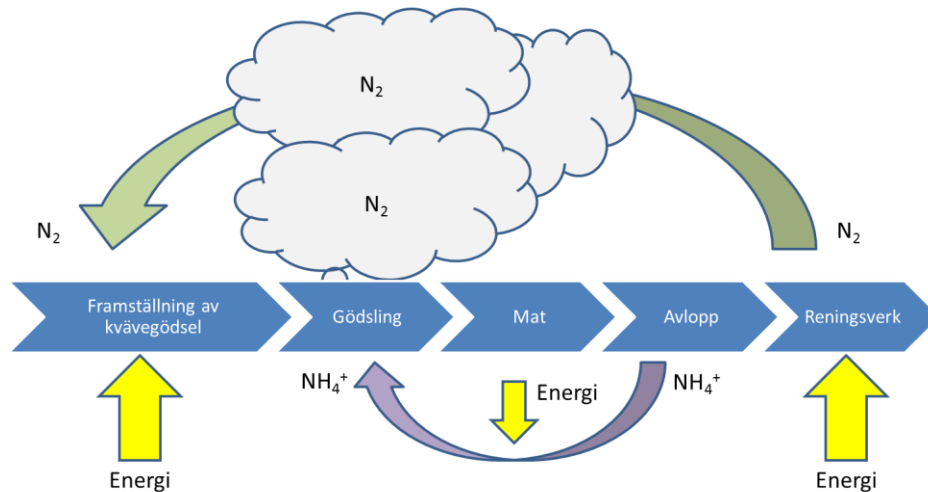
Den energikrävande framställningsprocessen gör att det redan idag kan löna sig att återvinna kväve som redan är omvandlat till en växttillgänglig form. Precis som fosfor är kväve ett grundämne och kan därför inte förstöras eller förbrukas. Däremot kan kväve, till skillnad från fosfor, återgå till gasfas i form av exempelvis kvävgas eller ammoniak. Därmed blir kvävet otillgängligt för växterna och kan anses som ”förstört” ur växtnärings synpunkt. Genom stora delar av kväveflödet i samhället förblir dock kvävet i tillgängliga former.

Eftersom kvävet framställs från luften och sedan avges till luften igen i avloppsreningsverket kan det förenklat ses som att man vid mineralgödselproduktion återvinner kvävet via luften. Följande exempel kan då ställas upp som visar den principiella skillnaden mellan återvinning via urinsortering och användandet av kvävegödsel framställt som mineralgödsel, se Figur 3.

---

<sup>19</sup> Jordbruksverket (2003)

<sup>20</sup> Ahlgren et al. (2010)



Figur 3. Även framställningen av kvävegödsel kan ses som en återvinning av näringsämnen. Kvävet släpps ut i luften vid reningsverket och fångas sedan in för tillverkning av mineralgödsel. En mer effektiv återvinning är att använda det kväve som finns i urinen då det redan föreligger i växttillgänglig form.

## Miljöproblem relaterade till fosfor och kväve

### Övergödning

Det största miljöproblemet relaterat till växtnäringsämnen är övergödningen av vattenmiljöer. På samma sätt som växtnäringsämnen stimulerar tillväxt på åkermark leder ett tillskott av fosfor och kväve till sjöar och hav att tillväxten där ökar. Framförallt är det växtplankton och alger som bildas i stora mängder.

Detta är ett problem av flera anledningar. Dels kan algerna i sig utgöra ett problem. Blågröna alger (som egentligen inte är alger utan cyanobakterier) som ansamlas i stora mängder längs kusterna under sommaren är ett exempel på övergödningens effekter som vi gärna vill undvika.

Nästa problem uppstår när algerna dör och sjunker till botten. Då startar en naturlig nedbrytningsprocess som förbrukar syre. Om stora mängder alger bryts ned samtidigt blir syreåtgången så stor att det uppstår syrebrist på botten. Syrebristen leder i sin tur till bottendöd.

### Försurning

Utsläpp av kväve till luften bidrar till försurningen av skog och vatten. Kväveoxider som bildas vid förbränningsprocesser omvandlas i luften till salpetersyra som leder till sur nederbörd. Försurning bidrar till att känsliga växter och fiskar slås ut och att tungmetaller lakas ut från jorden.

### Fosforgödsel och hälsan

Den malm som används för framställning av fosforgödsel innehåller även den giftiga tungmetallen kadmium. Kadmium är skadligt för alla former av liv och bör undvikas. Kadmium tas upp av växterna och sprids via maten vidare till oss människor. Tidigare har Sverige använt mineralgödsel från Finland med relativt låg kadmiumhalt. På senare år har dock den största producenten, Yara, höjt sin kadmiumgräns från max 5 mg Cd/kg P till 12 mg Cd/kg P. Yara motiverar höjningen av gränsvärdet med bristande

tillgång på kadmiumfri fosfor.<sup>21</sup> I Europa används redan gödsel med betydligt mer kadmium än i Sverige och de fosforresurser som finns kvar i världen är i ökande grad förorenade utav höga halter av kadmium.

### **Återvinning av näringsämnen**

Att återvinna näringsämnen gör det möjligt att undgå ovanstående problem. Om vi kan öka det lokala kretsloppet av näringsämnen kommer världens fosforreserver att räcka längre och vi kan spara energi genom minskad tillverkning av kväve. Beroende på vilken återvinningsteknik som används kan även problemet med tungmetaller kringgås.

För att möjliggöra återvinning av växtnäringsämnen måste de stora flödena av fosfor och kväve kartläggas. Genom en kartläggning kan de stora problemflödena identifieras. Därefter måste lämplig teknik tas fram för tillvaratagande av respektive flöde.

---

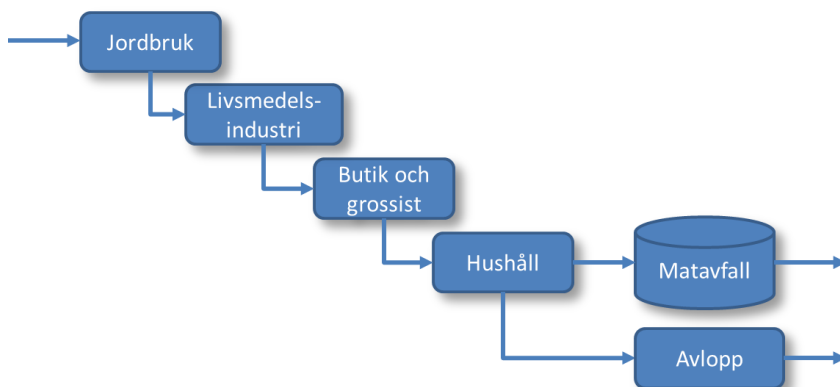
<sup>21</sup> Emgardsson, P. (2010)

## 5. Kartläggning av kväve- och fosforflöden

### Inledning

En kartläggning av växtnäringsflödet i Exempelkommunen har genomförts för att få en överblick över var de stora läckagen av fosfor och kväve uppstår. Genom att utgå från en helhetsbild kan lämpliga åtgärder enklare föreslås.

Flödet av växtnäringsämnen kan i ett nationellt perspektiv grovt förenklat beskrivas enligt Figur 4. Inflödet av fosfor och kväve går till jordbruket och följer sedan livsmedelskedjan, via industri och butik, till konsumenten. Vaxtnäringsämnen lämnar sedan systemet via matavfall och avlopp.



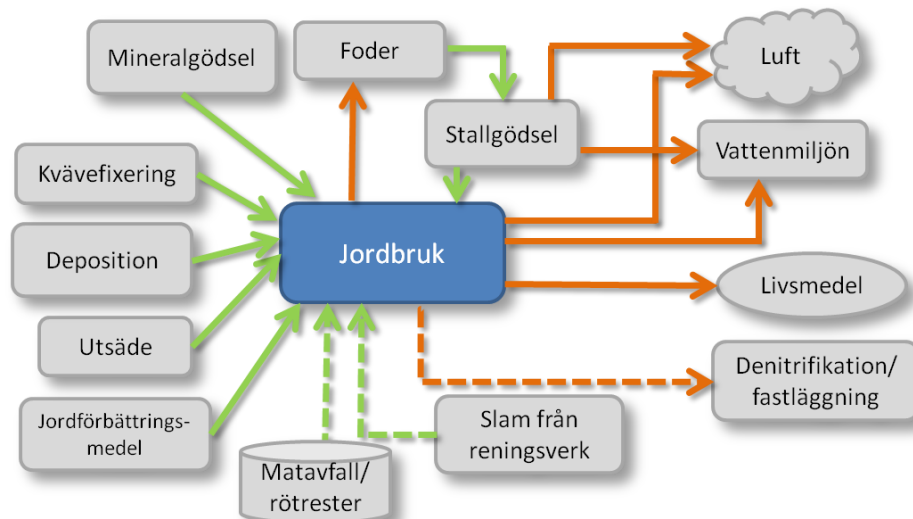
Figur 4. Förenklad skiss över växtnäringsflödet i samhället.

I stort är flödet av växtnäringsämnen alltså linjärt. Nyframställt mineralgödsel matas in i ena änden och avfallsströmmar lämnar systemet i den andra. Inom systemet finns dock en rad biflöden och återflöden som också är viktiga att ta hänsyn till för att uppnå en helhetsbild. Nedan presenteras en genomgång av samtliga större flöden inom samhället.

### Jordbruk

Jordbruket omsätter stora mängder näringsämnen varje år. Jordbruket ger också upphov till de största utsläppen av näringsämnen i ett nationellt perspektiv. För en enskild kommun varierar jordbrukets betydelse beroende på mängden åkermark.

Vaxtnäringsämnen flödar in till jordbruket från en rad källor. Mineralgödsel och foder, som sedan blir stallgödsel, är normalt de stora ingående flödena, men även deposition från luften och återföring av slam och matrester är viktiga tillskott. Majoriteten av de tillförda växtnäringsämnena följer med skörden och blir livsmedel eller djurfoder. En betydande del går även förlorat till luft och vatten. En del binds dessutom upp i jorden i föreningar som inte är tillgängliga för växterna.



Figur 5. In- och utflöden av växtnäringsämnen i jordbruket.

## Inflöden till jordbruket

### Mineralgödsel

Dagens moderna jordbruk har en hög produktionstakt vilket innebär att stora mängder växtnäringsämnen hela tiden förs bort från åkrarna med skörden. För att inte jordarna ska bli näringsfattiga och tappa produktionsförmågan tillförs därför hela tiden nya växtnäringsämnen på konstgjord väg i motsvarande mängd.

Växtnäringsämnena i mineralgödsel framställs i stor skala från fossila resurser. Kvävegödsel utvinns ur luften med hjälp av naturgas. Fosforgödsel tillverkas från råfosfat som bryts i gruvor på ett begränsat antal platser i världen. Den allra största delen av de växtnäringsämnena som cirkulerar i det mänskliga kretsloppet har ursprungligen tillförts systemet i form av mineralgödsel. Målet är att på sikt kunna minska inflödet av mineralgödsel genom att öka återföringen från andra delar inom systemet.

Tillförseln av mineralgödsel varierar något mellan olika delar av landet och beroende på vilka grödor som odlas. Ett medelvärde är beräknat till 51 kg kväve och 3 kg fosfor per hektar och år.<sup>22</sup> Medelvärdet är beräknat för Sveriges totala jordbruksmark, alltså både åkermark och betesmark. I praktiken är gödslas inte all jordbruksmark. På den areal som faktiskt gödslas läggs därför mer fosfor och kväve än vad genomsnittet anger.

Mineralgödsel får inte användas inom det ekologiska jordbruket.

### Foder/stallgödsel

Stallgödsel från djurhållning är ett stort internt växtnäringsflöde inom jordbruket. Detta är dock ingen nytillförsel av fosfor och kväve utan endast en cirkulation. Importen av växtnäringsämnen sker via foder som djuren äter och via det mineralgödsel som går åt för att odla foder på gården. I verkligheten cirkulerar en stor del av fodret och växtnäringsämnena inom

<sup>22</sup> SCB (2009)

varje gård. För att tydliggöra dessa flöden antas det i beräkningarna att allt djurfoder importerats till gården. Det foder som produceras bildar sedan ett utflöde. Systemgränsen sätts med andra ord runt själva åkern.

Stallgödsel utgör det viktigaste inflödet av fosfor till åkermarken sett över hela landet, medan inflödet av kväve via stallgödsel är något mindre än vad som tillförs via mineralgödsel. Fosfor- och kväveinnehåll i foder och stallgödsel beräknas separat då en del av växtnäringssämnen i fodret inte når åkern.

Det foder som importerats till Sverige varje år innehåller ca 48 000 ton kväve och 12 000 ton fosfor. Utöver det tillkommer 138 000 ton kväve och 26 000 ton fosfor i foder som produceras av svenska jordbrukare. För att beräkna hur stor del av Sveriges totala foder som går till Exempelkommunen har en sammanställning av djurhållningen genomförts utifrån Jordbruksverkets databas.

Tabell 1. Antal djur i kommunen och i Sverige totalt 2010.

Djurslag	Kommun X (2010)	Sverige totalt (2010)
Kor för mjölkproduktion	94	348100
Kor för uppfödning av kalvar	530	197100
Kvigor, tjurar och stutar	497	512600
Kalvar under 1 år	544	478900
Tackor och baggar	1656	273100
Lamm	1809	291800
Suggor och galtar	182	156000
Slaktsvin över 20 kg	823	936900
Smågrisar under 20 kg	442	427000
Hästar	480	117000
<b>Totalt:</b>	<b>7057</b>	<b>3738500</b>

Sammanställningen visar att 0,2 % av djuren inom ovanstående kategorier finns i Exempelkommunen. Jordbruken i kommunen beräknas därför använda motsvarande andel av Sveriges totala djurfoder.

Mängden stallgödsel och betesgödsel som tillförs åkrarna finns tillgängligt som ett medelvärde per hektar åkermark. För att skapa en mer korrekt bild av verkligheten har denna siffra justerats utifrån djurhållning enligt tabellen ovan.

#### Kvävefixerande växter

Vissa grödor har förmågan att ta upp luftens kväve. Det ger ett naturligt tillskott av kväve. Exempel på kvävefixerande växter är baljväxter och klöver. Kvävefixering står för nästan 10 % av inflödet av kväve till jordbruket på nationell nivå och är därmed en viktig växtnäringsskälla.



### Deposition

Kväveoxider och ammoniak i luften orsakar ett nedfall av kväve i samband med regn. Kväveoxider uppstår vid alla förbränningsprocesser exempelvis i bil- och lastbilmotorer, inom industrin samt vid el- och värmeframställning. Ammoniak härstammar till stora delar från jordbruket. En mycket stor del av det kväve som faller med regnet i Sverige härstammar från utsläpp i andra länder. 2006 kom 93 % av kväveoxiderna och 73 % av ammoniaken från källor utanför Sverige.<sup>23</sup> Det medför att depositionen av kväve från luftföroreningar är som störst i sydvästra delen av landet.

I Län X är den uppmätta depositionen av kväve 6 kg per hektar och år.<sup>24</sup>

Det förekommer även en viss deposition av fosfor från luften även om denna av många anses vara försumbar. SCB beräknar depositionen av fosfor till 0,3 kg per hektar och år.<sup>25</sup> Andra källor pekar på ett betydligt lägre nedfall av fosfor på 0,01 till 0,07 kg per hektar och år.<sup>26,27</sup> Nedfallets storlek beror på var kommunen är placerad geografiskt men även på väder och nederbördsmängder. I beräkningarna används ett medelvärde på 0,05 kg fosfor per hektar och år.

### Utsäde

Växtnäring tillförs åkermarken via det utsäde som sås. I genomsnitt beräknas utsädet motsvara 1 kg kväve och 0,3 kg fosfor per hektar och år.

### Jordförbättringsmedel

Begreppet jordförbättringsmedel innefattar en lång rad produkter. Ofta rör det sig om restprodukter från industri- eller rötningsprocesser. Många jordförbättringsmedel har även ett högt kalkinnehåll och tillförs för att balansera jordens pH-värde. Jordförbättringsmedel tillförs inte alla åkrar utan framförallt vid ekologiskt jordbruk. Utslaget på den totala åkerarealen är tillförseln av kväve 1 kg per hektar och år. Tillförseln av fosfor är 0,4 kg per hektar och år.<sup>28</sup>

### Matavfall/rötrest

Matavfall innehåller stora mängder växtnäringsämnen. Den mat som kasseras i produktions- och konsumtionsleden bör därför återföras till produktiv mark.

Matavfall förbehandlas innan det sprids på åkern. Det kan exempelvis ske genom kompostering eller rötning. Livsmedelsindustrin har effektiva rutiner för återföring av avfall. När det gäller hushållen samt storkök och restauranger finns det på många håll utrymme för stora förbättringar.

För mer detaljer kring matavfall från de olika leden, se deras respektive avsnitt.

---

<sup>23</sup> Naturvårdsverket (2006)

<sup>24</sup> Naturvårdsverket (2011)

<sup>25</sup> SCB (2009)

<sup>26</sup> SLU (2010)

<sup>27</sup> Sörenby, L. (2010)


<sup>28</sup> SCB (2009)

## Slam från reningsverk

Slammet som uppstår vid rening av avloppsvatten innehåller en stor mängd fosfor och en viss del kväve. Återföringen av slam till jordbruksmark är omdebatterad då slammet även innehåller många av de kemikalier och tungmetaller som samhället genererar. Att återföra slammet utgör dock på kort sikt en enkel lösning för återföring av växtnäringsämnen och utnyttjas därför av en del kommuner.

I Exempelkommunen komposteras slammet och blir anläggningsjord.

Tabell 2. Inflöden av fosfor och kväve till jordbruket

 Jordbruk	Fosfor (ton/år)	Kväve (ton/år)	Beräkningar
<b>Mineralgödsel</b>	149	1380	51 kg kväve och 3 kg fosfor tillförs per hektar och år i genomsnitt i Sverige. Dessutom tillkommer skillnaden mellan normal stallgödseltillförsel och tillförseln i Exempelkommunen (se nedan). Avdrag görs även för växtnäringsämnen som återförs från andra delar av kretsloppet. Exempelkommunen har 17 800 ha jordbruksmark(åkermark + betesmark) <sup>29</sup> . Varav 285 ha är ekologiskt odlad mark <sup>30</sup>
<b>Foder</b>	72	351	I Exempelkommunen finns 7 057 av Sveriges totalt 3 738 500 djur. Innehållet i det foder som förbrukas årligen i Sverige är 38 000 ton fosfor och 186 000 ton kväve.
<b>Stallgödsel till åkermark</b>	47	239	Det tillförs 41 kg kväve och 8 kg fosfor per hektar och år. Total jordbruksmark: 3 085 000 ha. <sup>31</sup> Exempelkommunen har 0,2 % av Sveriges

<sup>29</sup> Jordbruksverket (2005)

<sup>30</sup> Jordbruksverket (2010)

<sup>31</sup> Jordbruksverket (2011)

			djur (se ovan).
<b>Kvävefixering</b>	-	160	I genomsnitt tillförs 9 kg kväve per hektar och år med hjälp av kvävefixerande växter. Exempelkommunen har 17 800 ha jordbruksmark.
<b>Deposition</b>	0,9	107	Det årliga nedfallet av kväve över Län X är 6 kg kväve per hektar. Nedfallet av fosfor är 0,05 kg per hektar. Exempelkommunen har 17 800 ha jordbruksmark.
<b>Utsäde</b>	5,3	18	Utsädet beräknas motsvara 1 kg kväve och 0,3 kg fosfor per hektar och år. Exempelkommunen har 17 800 ha jordbruksmark.
<b>Jordförbättringsmedel</b>	7,1	18	Jordförbättringsmedel tillför i genomsnitt 0,4 kg fosfor och 1 kg kväve per hektar och år. Exempelkommunen har 17 800 ha jordbruksmark.
<b>Matavfall/rötrest</b>	0,2	1,4	Mängden matavfall som återförs från livsmedelsindustri och hushåll beräknas i Tabell 12.
<b>Slam från reningsverk</b>	-	-	I Exempelkommunen går avloppsslammet inte tillbaka till produktiv mark.

### Utfloden från jordbruket

Skörden är givetvis det största uttaget av växtnäringsämnen från jordbruket. Tillförsel av fosfor och kväve sker med målet att de i så stor grad som möjligt ska bindas upp i de produkter som sedan lämnar gården. Utnyttjandet av näringsämnen har ökat inom jordbruket. För kväve har effektiviteten ökat från 55 % 1995 till drygt 70 % 2009. För fosfor har effektiviteten under samma period ökat från drygt 65 % till nästan 95 %. På 14 år har det alltså skett en betydande förbättring inom jordbruket för att maximalt utnyttja potentialen hos växtnäringsämnena.<sup>32</sup>

Skörden går dels till livsmedel för försäljning och export. En stor del går också till foder för djuruppfödning. Foder tas här upp som ett utflöde från

<sup>32</sup> SCB (2009)

jordbruket då det kan exporteras över kommungränsen även om det egentligen är ett intern flöde ur ett nationellt jordbruksperspektiv. Utflödet av livsmedel består även av djur som går till slakt, mjölk som går till mejerier m.m.

En del av de näringsämnen som tillförs jordbruket går även förlorade som utsläpp till luft och vatten.

### Livsmedel

Växtnäringsinnehållet i skörden var år 2009 i genomsnitt 12 kg fosfor och 78 kg kväve per hektar.<sup>33</sup> Av detta beräknas knappt en tredjedel gå till livsmedelsindustrin och drygt två tredjedelar gå till foder. Varje år produceras även animaliska livsmedel innehållande drygt 8000 ton fosfor och 43 000 ton kväve.<sup>34</sup> Detta fördelas kommunvis efter djurhållningen i respektive kommun.

### Foder

Drygt två tredjedelar av den svenska skörden blir foder till djur. En stor del av fodret används på den egna gården men i denna kartläggning placeras hantering av foder utanför jordbrukets systemgräns och kan därför behandlas som in- respektive utflöden. I Exempelkommunen ser fördelningen förmodligen något annorlunda då djurhållningen är relativt låg i förhållande till odlingsarealen. Även om en del foder även exporteras till andra kommuner så är andelen foder som odlas lägre än det nationella genomsnittet. Ur kretsloppssynpunkt är dock både livsmedel och foder flöden som likvärdiga och fördelningen mellan dem är därför inte avgörande för den övergripande analysen.

### Läckage till luft

Vid hantering av gödsel uppstår läckage. Läckaget till luft gäller endast kväve då fosfor inte övergår i gasfas. Läckaget sker framförallt i form av ammoniak men till viss del även som lustgas (som dessutom är en stark växthusgas).

Kväveavgången uppstår till viss del vid lagring av gödsel (både stallgödsel och mineralgödsel), i synnerhet om lagringen sker i öppna tankar. Vid spridning av gödsel är avgången som störst. Avgången varierar mycket beroende på väder och vilken spridningsmetod som används. Totalt beräknas ammoniakavgången från det svenska jordbruket till ca 34 000 ton kväve per år eller 11 kg kväve per hektar.<sup>35</sup> Kväveläckage till luften sker också genom denitrifikation, en process då kvävet omvandlas till framförallt kvävgas och till viss del lustgas. Denitrifikationens omfattning är mycket svår att beräkna. Den varierar också beroende på jordtyp, mellan 1-100 kg per hektar. Enligt SCB var den genomsnittliga denitrifikationen från svenska åkrar 2009 endast 3 kg kväve per hektar, vilket är en stor minskning från de 19 kg per hektar som beräknades för 1995.

---

<sup>33</sup> SCB (2009)

<sup>34</sup> Wivstad et al. (2009)

<sup>35</sup> Wivstad et al. (2009)

### Läckage till vatten

Fosfor och kväve löser sig lätt i vatten vilket är en förutsättning för att växterna ska kunna ta upp dem via sina rötter. Det medför dock även att vatten som tillförs åkrarna via regn och bevattning och sedan rinner ut i närliggande vattendrag för med sig näringsämnen bort från jordbruksmarken. Läckage till vatten är mer allvarligt än läckage till luft då växtnäringsämnen orsakar övergödning i vattenmiljöer.

Det årliga läckaget till vatten beräknas till 18 kg kväve och 0,3 kg fosfor per hektar.<sup>36,37,38</sup>

### Fastläggning

En del av de näringsämnen som tillförs jorden binds upp i föreningar som inte är tillgängliga för växterna. Framförallt är det fosfor som fastläggs i marken. På lång sikt blir fosfor återigen tillgänglig för växterna men på kort sikt kan det ses som ett utflöde. Fastläggningen av fosfor beräknas vara 0,5 kg per hektar och år.

Tabell 3. Utflöden av fosfor och kväve från jordbruket.

Jordbruk 	Fosfor (ton/år)	Kväve (ton/år)	Beräkningar
<b>Livsmedel</b>	73	456	Skörden innehåller varje år 12 kg fosfor och 78 kg kväve per hektar. Exempelkommunen har 17 800 ha jordbruksmark. 27 % av skörden går till livsmedel. Animalieprodukter innehåller 8300 ton fosfor och 43 700 ton kväve. Exempelkommunen har 0,2 % av landets djur.
<b>Foder</b>	156	1011	Skörden innehåller varje år 12 kg fosfor och 78 kg kväve per hektar. Exempelkommunen har 17 800 ha jordbruksmark. 73 % av skörden går till foder.
<b>Till luft</b>	-	249	Ammoniakavgången är 11 kg kväve per ha, denitrifikation bidrar med ytterligare 3 kg kväve per hektar.

<sup>36</sup> SCB (2009)

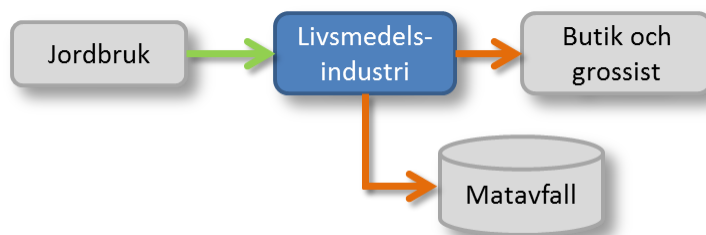
<sup>37</sup> Sörenby, L. (2010)

<sup>38</sup> Wivstad et al. (2009)

			Exempelkommunen har 17 800 ha jordbruksmark.
<b>Till vatten</b>	5,3	320	Läckaget till vatten är i genomsnitt 18 kg kväve och 0,3 kg fosfor per hektar. Exempelkommunen har 17 800 ha jordbruksmark.
<b>Fastläggning</b>	8,9	-	Fastläggningen beräknas vara 0,5 kg per hektar. Exempelkommunen har 17 800 ha jordbruksmark.

### Livsmedelsproduktion och distribution

Det största utflödet av växtnäringsämnen från jordbruket är i form av livsmedel som sedan går vidare till livsmedelsindustrin. Inom livsmedelsindustrin förädlas och förpackas maten. Utflödena från livsmedelsindustrin är livsmedel till butik och grossist samt en viss del avfall som bearbetningen ger upphov till.



Figur 6. In- och utflöden av växtnäringsämnen i livsmedelsindustrin.

Matavfallet från livsindustrin utgör ett stort flöde av näringsämnen. En övervägande del av detta recirkuleras redan idag och kommer till nytta som gödsel eller foder.

En sammanställning av Wivstad et al. redovisar följande flöden inom livsmedelsindustrin i Sverige:

Tabell 4. Fosfor- och kväveinnehåll i avfall från livsmedelsindustrin.<sup>39</sup>

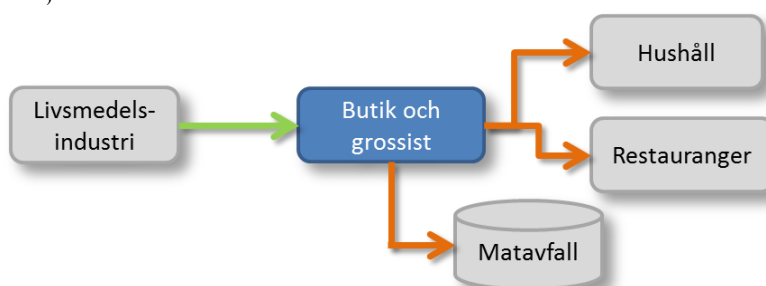
Avfall	Kväve (ton/år)	Fosfor (ton/år)
Slakteriavfall	1820	1220
Bryggeri	580	100
Mjökproduktion	930	210
Fruktsaft stärkelseindustri	100	10
Drank från brännerier	1840	320
Socketindustri	2200	990
Bageri	400	60
Förp. Livsmedelsavfall	240	60
Övrig Livsmedelsindustri	290	40
<b>Totalt</b>	<b>8400</b>	<b>3010</b>

Av ovanstående näringsämnen återanvänds över 90 % av kvävet och drygt 95 % av fosfor redan idag i form av gödsel och foder.<sup>40</sup> Livsmedelsindustrin ger därför endast upphov till små utsläpp av växtnäringsämnen

I Exempelkommunen finns inga större livsmedelsindustrier som bidrar med stora mängder fosfor och kväve.

### Livsmedelsbutiker och grossister

Livsmedelsbutiker och grossister distribuerar maten till hushåll och restauranger. Inflödet av växtnäringsämnen är produkter från livsmedelsindustrin och utflödet är dels maten som går till konsumenter och dels matavfall. Matavfallet uppstår framförallt som ett resultat av att mat inte hinner säljas i tid och måste kasseras.



Figur 7. In- och utflöden av växtnäringsämnen för butik och grossist.

### Inflöde till butik och grossist

Butiker och grossister får livsmedel levererade från livsmedelsindustrin. Då denna i huvudsak är belägen utanför kommunen är det i detta steg den stora importen av växtnäringsämnen i form av livsmedel sker. Det totala inflödet beräknas som summan av de tre utflödena i Figur 7 ovan.

<sup>39</sup> Wivstad et al. (2009)

<sup>40</sup> Wivstad et al. (2009)

## Utflöden från butik och grossist


Livsmedel som distribueras vidare till konsumenter och restauranger är de stora utflödena av växtnäringsämnen. Dessa flöden behandlas mer i sina respektive avsnitt. Den andel livsmedel som går till avfall är svårare att beräkna. Siffror framtagna av Naturvårdsverket visar dock att matbutiker i genomsnitt slänger motsvarande 10 kg mat per person varje år.<sup>41</sup> För att räkna om denna mängd till fosfor och kväve krävs information om växtnäringsinnehållet i mat.

### Näringsinnehåll i mat och matavfall


Innehållet av fosfor och kväve i mat varierar kraftigt. Kött och mejeriprodukter innehåller generellt höga halter medan till exempel frukt och grönsaker innehåller betydligt lägre halter.<sup>42</sup> För att kunna beräkna innehållet av fosfor och kväve i den mat och det matavfall som flödar genom samhället måste ett medelvärde användas.

Ett medelvärde kan antingen räknas fram eller hämtas från litteraturen. För att hitta ett bra medelvärde har både egna beräkningar och data från litteraturen används. Beräkningar gjordes utifrån det normala innehållet av olika typer av matrester i matavfall. Genom att titta på hur stora mängder av varje produktgrupp som återfinns i matavfall och kombinera det med data för näringsinnehåll inom de olika produktgrupperna kunde ett näringsinnehåll på 0,9 kg fosfor och 5,4 kg kväve per ton matavfall räknas fram. En annan metod för att räkna fram näringsinnehållet är att titta på innehållet av fosfor och kväve i Sveriges totala matavfall och sedan räkna om det till att gälla per ton avfall. Det gav något högre värden; 1,2 kg fosfor och 6,9 kg kväve per ton matavfall. I litteraturen återfinns liknande värden.<sup>43,44</sup> Som ett genomsnittligt värde används därför 1,1 kg fosfor och 6,6 kg kväve per ton mat och matavfall.

Tabell 5. Inflödet av växtnäringsämnen till butik och grossist.

 Butik och grossist	Fosfor (ton/år)	Kväve (ton/år)	Beräkningar
Livsmedel in	26	158	Beräknas som summan av de tre utflödena i Tabell 6.

Tabell 6. Utflöden av växtnäringsämnen från butik och grossist.

Butik och grossist 	Fosfor (ton/år)	Kväve (ton/år)	Beräkningar
Hushåll	18	110	Hushållens inköp

<sup>41</sup> Naturvårdsverket (2011)

<sup>42</sup> Livsmedelsverkets livsmedelsdatabas

<sup>43</sup> Sörenby, L. (2010)

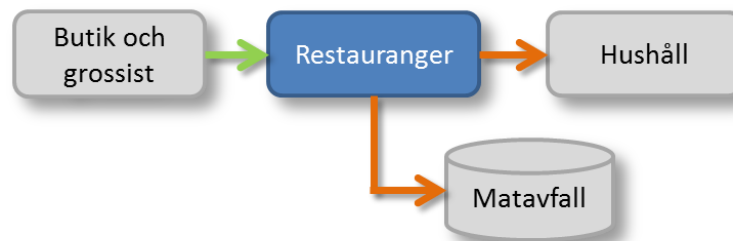
<sup>44</sup> Wivstad et al. (2009)



			beräknas i Tabell 9.
<b>Restauranger</b>	7,5	45	Inköp till restauranger/storkök beräknas i Tabell 7.
<b>Matavfall</b>	0,4	2,1	Matbutiker slänger 10 kg livsmedel per person och år. Exempelkommunen har 32 500 invånare. Varje ton mat innehåller 1,1 kg fosfor och 6,6 kg kväve.

## Restauranger

Flödet av växtnäringsämnen via restauranger är framförallt begränsat till livsmedel. Råvaror inhandlas från grossist och konsumeras sedan av besökarna eller blir avfall. Till restauranger räknas här även storkök på skolor, sjukhus m.m.



Figur 8. In- och utflödet av växtnäringsämnen för restauranger och storkök.

Mängden växtnäringsämnen som passerar restauranger och storkök kan beräknas då mängden mat som konsumeras och slängs båda är kända.

Varje år slängs det motsvarande 40 kg mat per person på restauranger och storkök i Sverige.<sup>45, 46</sup> En stor del av detta återvinns dock som gödningsmedel. Totalt konsumeras 170 kg mat per person och år. Det totala inköpet blir därmed 210 kg per person och år.


Tabell 7. Inflödet av växtnäringsämnen till restauranger och storkök.

IN →	Restauranger	Fosfor (ton/år)	Kväve (ton/år)	Beräkningar
<b>Inköp av mat</b>		7,5	45	Restauranger och storkök inhandlar motsvarande 210 kg livsmedel per person och år. Varje ton mat innehåller 1,1 kg fosfor och 6,6 kg kväve. Exempelkommunen har 32 500 invånare.

<sup>45</sup> Wivstad et al. (2009)

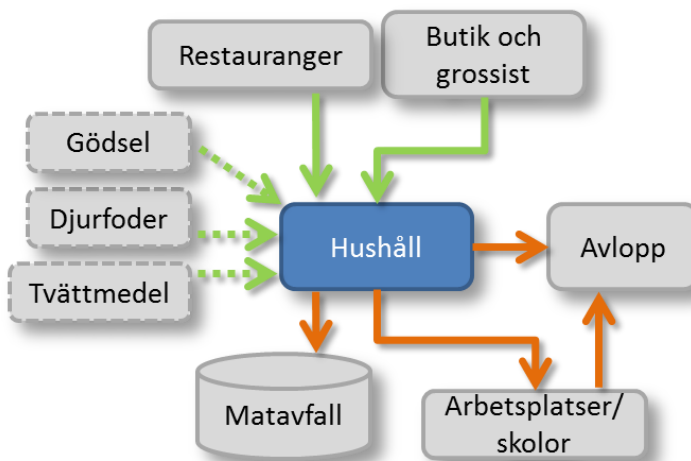
<sup>46</sup> SIK (2011)

Tabell 8. Utflöden av växtnäringsämnen från restauranger och storkök.

Restauranger 	Fosfor (ton/år)	Kväve (ton/år)	Beräkningar
<b>Mat till hushåll</b>	6,1	36	En person äter i genomsnitt 170 kg livsmedel per år utanför hemmet. Varje ton mat innehåller 1,1 kg fosfor och 6,6 kg kväve. Exempelkommunen har 32 500 invånare.
<b>Matavfall</b>	1,4	8,6	Varje år slänger restauranger och storkök livsmedel motsvarande 40 kg per person. Varje ton mat innehåller 1,1 kg fosfor och 6,6 kg kväve. Exempelkommunen har 32 500 invånare.

## Hushåll

Hushållen är ett viktigt nav i flödet av växtnäringsämnen. Det är också det led i kedjan där den största outnyttjade potentialen för återvinning finns. Hushållen tar framförallt in näringsämnen i form av livsmedel. Näringsämnena lämnar sedan hushållen i två huvudströmmar, matavfall och avloppsvatten.



Figur 9. In- och utflöden av växtnäringsämnen för hushåll.

### Inflöden till hushållen

De näringsämnen som passerar genom hushållen kommer huvudsakligen från livsmedel, men även till en viss del från djurfoder, gödsel för trädgårdar

samt tvättmedel (även om näringsämnen i tvättmedel har minskat betydligt tack vare reglering).

#### Mat in till hushållen

Växtnäringsämnen via livsmedel förs in i hushållen på två sätt. Dels köper vi livsmedel i butik som vi tillagar och konsumerar i hemmet. Denna mängd utgör större delen av den totala mängden näringsämnen. Utöver det tillkommer växtnäringsinnehållet i den mat vi äter på restauranger och i storkök på arbetsplatser och skolor.

En svensk köper i genomsnitt 515 kg livsmedel per år från butik. Ytterligare 170 kg intas från källor utanför hushållet.


#### Foder till husdjur

2010 gick 44 000 ton foder till hundar och katter i Sverige.<sup>47</sup> Om hund- och kattmat antas innehålla samma halt växtnäringsämnen som den mat vi människor äter kan ett genomsnittligt värde per person beräknas.

#### Övriga inflöden till hushållen

Gödsel till trädgårdar anses utgöra en försumbar del av växtnäringsinflödet till hushållen. Likaså har inflödet via rengöringsprodukter så som tvätt- och diskmedel nu i princip helt upphört sedan förbuden mot användningen av fosfater i dessa 2008 respektive 2011.<sup>48</sup>

Tabell 9. Inflöden av växtnäringsämnen till hushåll.

 Hushåll	Fosfor (ton/år)	Kväve (ton/år)	Beräkningar
<b>Inköp av livsmedel</b>	18	110	En person inhandlar 515 kg livsmedel per år. Varje ton mat innehåller 1,1 kg fosfor och 6,6 kg kväve. Exempelkommunen har 32 500 invånare.
<b>Mat som äts på restauranger och storkök</b>	6,1	36	En person äter i genomsnitt 170 kg mat på restauranger och storkök varje år. Varje ton matavfall innehåller 1,1 kg fosfor och 6,6 kg kväve. Exempelkommunen har 32 500 invånare.
<b>Foder till husdjur</b>	0,2	1,0	Totalt köptes 44 000 ton hund- och kattmat 2010. Det slås ut på hela Sveriges befolkning och multipliceras sedan med antalet invånare i

<sup>47</sup> Jordbruksstatistisk årsbok (2011)

<sup>48</sup> Miljödepartementet (2011)

			Exempelkommunen. Växtnäringsinnehållet antas vidare vara samma som genomsnittet för livsmedel.
<b>Tvättmedel</b>	-	-	Anses försumbart
<b>Gödsel till trädgårdar</b>	-	-	Anses försumbart

## Utflöden från hushållen

### Hushållens matavfall

Matavfall genereras i alla led av livsmedelskedjan. En stor del av avfallet uppstår i sista ledet, hushållen. Tillvaratagandet av matavfall i hushållen är dessutom sämre jämfört med livsmedelsindustrier, restauranger och matbutiker. Det har gjorts ett flertal studier på senare tiden som uppskattar mängden mat vi äter och mängden matavfall som uppstår i konsumentledet.<sup>49, 50, 51</sup> Resultaten skiljer sig åt betydligt då de ofta är baserade på plockanalyser från ett begränsat antal hushåll som sedan extrapoleras. I vår analys har vi dels tagit hänsyn till dessa studier, men även räknat bakvägen och tagit fram siffror på våra konsumtionsvanor utifrån den mängd näringsämnen som hamnar i avloppet.

Flera studier skiljer även på onödigt matavfall och oundvikligt matavfall. Det oundvikliga matavfallet är ben, skal och liknande som inte bör förtäras. Det onödiga matavfallet är mat som hade kunnat förtäras men som slängs på grund av att bäst-före-datum har passerat eller att rester inte tas till vara på efter måltider. I samtliga studier dras slutsatsen att mat som slängs i onödan utgör mer än hälften av det totala matavfallet.

### Matavfallets storlek

Den genomsnittliga svensken slänger varje år 100-150 kg mat och matrester hemma.<sup>52,53,54</sup> Utöver detta tillkommer flytande livsmedel och matrester som spolas ned med avloppet. Totalt slängs alltså 20-30 % av all den mat vi inhandlar. Enligt en sammanställning som genomförts av livsmedelsverket är det frukt och grönsaker som slängs i störst omfattning. Även bröd slängs i relativt stora mängder medan kött och andra animaliska produkter inte slängs i samma utsträckning.<sup>55</sup>

### Avlopp

För en vuxen människa sker inget nettoupptag av fosfor eller kväve av kroppen. De växtnäringsämnen som finns i maten vi äter kommer därför att lämna kroppen via urin och fekalier. Även barn som växer har ett så litet

---

<sup>49</sup> Livsmedelsverket (2011)

<sup>50</sup> SIK (2008)

<sup>51</sup> SIK (2011)

<sup>52</sup> Livsmedelsverket (2011)

<sup>53</sup> SIK (2008)

<sup>54</sup> SIK (2011)

<sup>55</sup> Livsmedelsverket (2011)

nettoupptag av fosfor och kväve att det antas vara försumbart. Mängden växtnäringssämnen som hamnar i toalettavloppet är därför densamma som fosfor- och kväveinnehållet i den mat vi äter.

En persons intag av fosfor och kväve varierar med kosten. En vegetarian får exempelvis i sig betydligt mindre mängder växtnäringssämnen jämfört med en person som äter kött. I genomsnitt ligger intaget på 1,5 g fosfor och 9 g kväve per person och dygn.

#### Arbetsplatser och skolor

Den mat vi äter hamnar inte bara i avloppet i hemmet utan även i avloppet på arbetsplatser, skolor och liknande. Ett stort flöde av växtnäring ut från hushållen sker därför i form av mat lagrad i våra kroppar. Detta kan ha stor betydelse för det totala flödet i kommuner där många pendlar över kommungränsen. Att människor äter i en kommun och sedan använder toaletten på jobbet i en annan kommun gör att näringsämnen förflyttas över kommungränserna

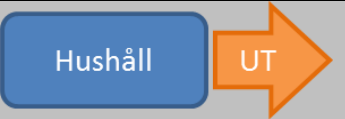
Den normala kvoten för hemmavaron, alltså den tid av total vaken tid som en person spenderar i hemmet, är 0,6. Det inkluderar helger och lov samt är ett genomsnitt som tar hänsyn till att vissa personer spenderar nästan all sin tid i hemmet medan andra bara är hemma några få timmar. Det innebär att genomsnittspersonen använder toaletten hemma 60 % av tiden och toaletter på jobb, skola, idrottsanläggningar m.m. 40 % av tiden. Utifrån denna kvot kan utflödet av fosfor och kväve i form av toalettavlopp och upptagen mat beräknas.

#### BDT-vatten

Vattnet som används för bad, disk, dusch, tvätt, m.m. innehåller även det en del fosfor och kväve. Förbudet mot att använda fosfater i tvättmedel har gjort att fosforinnehållet i BDT-vattnet har minskat betydligt. Idag uppskattas BDT-vatten endast innehålla fosfor motsvarande 0,15-0,5 g per person och dygn.<sup>56,57</sup> Det nyligen införda förbudet mot fosfater i diskmedel förväntas sänka denna nivå ytterligare. Enligt Naturvårdsverket är fosforinnehållet i BDT-vatten då alla rengöringsmedel borträknas 0,15 g per person och dygn. För kväve uppskattas innehållet i samma rapport till 1,0 g per person och dygn.<sup>58</sup>

Växtnäringssämnena i BDT-vattnet kommer bland annat från matrester som spolats ned vid disk, flytande livsmedel som hålls ut i slasken och hudrester och smuts som spolats bort vid dusch och tvätt av kläder.

Tabell 10. Utflöden av växtnäringssämnen från hushåll.

	Fosfor (ton/år)	Kväve (ton/år)	Beräkningar
<b>Matavfall hushåll</b>	4,5	27	Varje person genererar

<sup>56</sup> Sörenby, L. (2010)

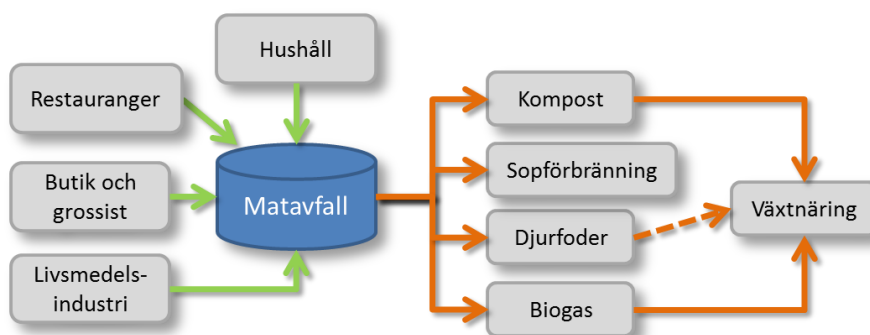
<sup>57</sup> Urban Water (2010)

<sup>58</sup> Naturvårdsverket (1995)

			ca 125 kg matavfall om året. Exempelkommunen har 32 500 invånare. Varje ton matavfall innehåller 1,1 kg fosfor och 6,6 kg kväve.
<b>Toalettavlopp från hushåll</b>	11	64	Genomsnittligt intag för fosfor och kväve är 1,5 g respektive 9 g per dygn. 60 % av vaken tid spenderas i hemmet Exempelkommunen har 32 500 invånare.
<b>Till avlopp på arbetsplatser, skolor m.m.</b>	7,1	42	Samma beräkning som ovan men med en tidskvot på 40 %.
<b>BDT-vatten</b>	1,8	12	BDT-vatten innehåller 0,15 g fosfor och 1,0 g kväve per person och dygn. Exempelkommunen har 32 500 invånare.

## Matavfall

Matavfall genereras i samtliga led i livsmedelskedjan. Matavfallet är rikt på växtnäringssämnen och har även god potential för biogasproduktion. En del matavfall från livsmedelsindustrin återanvänds som djurfoder. I Exempelkommunen återvinns inte matavfall utan hamnar i hushållssoporna som går till sopförbränning.




Figur 10. In- och utflöden av växtnäringssämnen via matavfall.

## Inflöde av matavfall

Sett till Sverige som helhet så uppstår de största avfallsmängderna inom livsmedelsindustrin. I kommuner utan större livsmedelsindustri är det däremot matavfall från hushåll och till viss del restauranger som dominerar.

Tabell 11. Inflöden av växtnäringsämnen som matavfall.

 <span style="background-color: #4F81BD; color: white; padding: 2px 5px; border-radius: 5px;">Matavfall</span>	<b>Fosfor (ton/år)</b>	<b>Kväve (ton/år)</b>	<b>Beräkningar</b>
<b>Totalt inflöde av matavfall</b>	6,3	38	Mängden matavfall som varje led i livsmedelskedjan genererar beräknas i respektive avsnitt. Summan ger den totala mängden matavfall i Exempelkommunen.

## Utföden av matavfall

### Kompostering

Kompostering sker dels i liten skala i villor och sommarstugor, men även större skala vid centrala anläggningar. Totalt komposterades 630 500 ton avfall 2009 vid centrala anläggningar, varav 85 620 ton var matavfall. Utöver det komposterades uppskattningsvis 63 000 ton matavfall i hemkomposter.<sup>59</sup> Växtnäringsämnen återförs till både trädgårdar och åkermark med det komposterade materialet.

### Biogas

År 2009 beräknar Avfall Sverige att drygt 93 000 ton matavfall gick till biogasproduktion. Rötresterna kan sedan spridas på åkermark för att återföra fosfor och kväve.

### Djurfoder

Inom livsmedelsindustrin går mycket av matavfallet tillbaka till jordbruket i form av djurfoder. På så sätt återförs växtnäringsämnen indirekt till produktiv mark då de dels ersätter odlat foder och dels ger upphov till stallgödsel som sprids på åkrar. 2009 beräknades nästan två tredjedelar av livsmedelsindustrins avfall återanvändas som djurfoder.<sup>60</sup>


### Sopförbränning

Nästan hälften av Sveriges kommuner saknar fortfarande system för omhändertagande av matavfall för biologisk behandling (rötning eller kompostering). Matavfall som inte tas om hand med hjälp av biologisk behandling går tillsammans med hushållsavfallet till förbränning. Vid förbränning går kvävet förlorat till luften medan fosfor till stor del finns kvar i askan. Askan är dock inte lämplig att återföra till jordbruksmark då den innehåller en rad giftiga ämnen. Askan går istället vanligtvis till deponi eller används som fyllnadsmaterial.

Tabell 12. Utföden av växtnäringsämnen från behandlat matavfall.

<sup>59</sup> Avfall Sverige (2010)

<sup>60</sup> Wivstad et al. (2009)

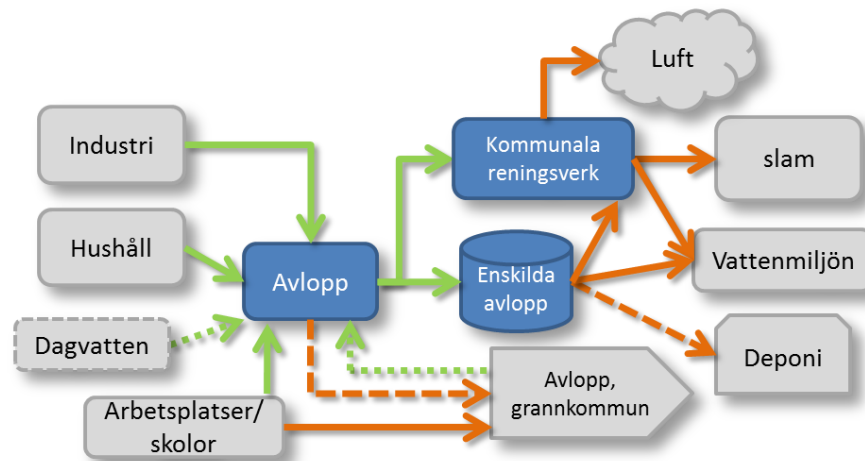
Matavfall 	Fosfor (ton/år)	Kväve (ton/år)	Beräkningar
<b>Kompost till jordbruk</b>	-	-	I Exempelkommunen används inte storskalig kompostering för matavfall.
<b>Kompost till trädgård</b>	0,2	1,4	Andelen privata komposter antas följa genomsnittet för landet. Kommunen har 32 500 invånare. Varje ton matavfall innehåller 1,1 kg fosfor och 6,6 kg kväve.
<b>Biogas</b>	0,2	1,4	Matavfall samlas delvis in från restauranger och storkök och körs till en grannkommun för biogasframställning.
<b>Djurfoder</b>	-	-	I Exempelkommunen finns inga livsmedelsindustrier som ger upphov till större mängder matavfall som kan användas som djurfoder.
<b>Sopförbränning</b>	5,8	35	Det matavfall som inte omhändertas med någon av ovanstående metoder går framförallt till sopförbränning.

## Avloppssystemet

En stor del av de näringsämnen som flödar genom samhället hamnar tillslut i avloppet. När fosfor och kväve hamnar i avloppet förändras synen på dem från att vara en resurs till att bli ett problem. Eftersom fosfor och kväve skapar övergödning i vattenmiljöer läggs stora resurser på att rena bort dessa ämnen vid reningsverken.

Inflödet till avloppssystemet kommer som avloppsvatten från hushåll, arbetsplatser och skolor. Näringsämnen kan även tillföras avloppet från industrier. I vissa kommuner leds även dagvatten till avloppet.





Figur 11. In- och utflöden av växtnäringsämnen i avloppssystemet.

De stora utflödena från avloppssystemet går från reningsverken till luft och slam. Växtnäringsämnen hamnar även i vattenmiljöer och på deponi. Arbetspendling ger ett utflöde till grannkommuners avlopp. Många kommuner är även kopplade till närliggande reningsverk i andra kommuner vilket ger ett utflöde även av hushållens avlopp. På motsvarande sätt kan även arbetspendling och import av avlopp från andra kommuner ge ett tillskott av växtnäringsämnen.

## Inflöden till avloppssystemet

### Enskilda och kommunala avlopp

Avloppssystemet består av både enskilda och kommunala avlopp. I Exempelkommunen är 90 % av befolkningen anslutna till det kommunala avloppsnätet. Resterande 10 % har enskilda avlopp av varierande kvalitet.

### Avlopp från hushåll

Mängden avloppsvatten från hushållen i kommunen är summan av toalettavlopp och BDT-vatten som beräknades ovan. Av detta går majoriteten till kommunala reningsverk och en liten del till enskilda avlopp.

### Avlopp från arbetsplatser, skolor, m.m.

En del av vår tid spenderar vi på arbetet, i skolan eller i olika typer av idrotts- eller fritidslokaler. Det medför att vi även använder toaletterna där. Denna typ av lokaler är så gott som alltid anslutna till det kommunala avloppsnätet. Enligt normala beräkningsmetoder befinner vi oss utanför hemmet under 40 % av vår vakna tid. 40 % av växtnäringsinnehållet i urin och fekalier tillförs därmed avloppet via dessa lokaler.

I många fall kan arbetsplatsen vara belägen utanför kommunen. Det är därför relevant att räkna med antalet pendlare in och ut från kommunen när avloppsmängden som genereras i kommunen under dagtid ska beräknas. För beräkningarna används SCB:s statistik över antalet pendlare på kommunnivå som togs fram 2009.<sup>61</sup>

<sup>61</sup> SCB (2009)b


Att skolor eller träningsanläggningar ligger utanför kommungränsen är mindre vanligt. Det finns inte heller någon bra statistik över detta. I beräkningarna antas det därför att invånarna endast vistas på skolor och träningsanläggningar inom kommunen.

#### Avlopp från industrier

De stora utsläppen av växtnäringsämnen från industrin sker från livsmedelsindustrin. Den största mängden uppstår dock inte som avlopp utan som fast avfall som kan tas om hand.

Industrier som släpper ut stora mängder växtnäringsämnen via avloppet är exempelvis massa- och pappersindustrier och utvinnings- och tillverkningsindustri.

Tabell 13. Inflöden av växtnäringsämnen till avloppssystemet.

 <span style="background-color: #4F81BD; color: white; padding: 2px 5px; border-radius: 5px;">Avlopp</span>	Fosfor (ton/år)	Kväve (ton/år)	Beräkningar
<b>Hushåll till kommunala avlopp</b>	11	68	Summan av toalettavlopp och BDT-vatten från hushåll beräknades i Tabell 10. I Exempelkommunen är 90 % av hushållen anslutna till kommunala avlopp.
<b>Hushåll till enskilda avlopp</b>	1,2	7,6	Resterande 10 % har enskilda avlopp.
<b>Arbetsplatser, skolor, m.m. till kommunala avlopp</b>	6,1	37	Dagbefolkningen i kommunen beräknas genom att subtrahera utpendlare och addera inpendlare. Antal utpendlare från Exempelkommunen är 6 700 och antalet inpendlare är 2 300 <sup>62</sup> . Dagbefolkningen ger upphov till 40 % av det totala toalettavloppet från människor.
<b>Avlopp från industri</b>	0,1	3,8	Exempelkommunen har inga större industrier som bidrar med växtnäringsämnen till det kommunala avloppet. Totalt bidrar industrier med ca 0,1 ton fosfor och 3,8 ton kväve per år

<sup>62</sup> SCB (2009)b

## Utfloeden från avloppssystemet

### Avlopp som går till grannkommuner

Exempelkommunen har inget betydande utbyte av avloppsvatten över kommungränsen.

### Utfloeden från kommunala reningsverk

Exempelkommunen har två kommunala avloppsreningsverk. Växtnäringsämnen lämnar de kommunala reningsverken via tre huvudsakliga utfloeden. Kvävet omvandlas till stor del till kvävgas som luftas av till atmosfären. Fosfor binds av fällningskemikalier och hamnar nästan till hundra procent i slammet. Även en del kväve hamnar i slammet. De växtnäringsämnen som inte övergår till luft eller slam följer med det renade vattnet ut till recipienten.

### Utsläpp från enskilda avlopp

Enskilda avlopp är relativt få till antalet men orsakar trots det betydande utsläpp av växtnäringsämnen på grund av bristande rening. I synnerhet när det gäller fosforutsläpp. I en studie av Wivstad et al. konstateras det att enskilda avlopp står för 13 % av de totala fosforutsläppen till Egentliga Östersjön men endast 2 % av kväveutsläppen.<sup>63</sup> Det beror framförallt på att fosforreningen är mycket effektivare i kommunala reningsverk jämfört med enskilda avlopp medan effektiviteten i kvävereningen inte skiljer lika mycket.

Det finns flera typer av reningsanläggningar som används för enskilda avlopp. Vanligen används någon typ av infiltration som slutsteg vilket innebär att det renade vattnet släpps ut i marken. Växtnäringsämnena kan då tas upp av växter eller bindas i jorden men en viss del försvinner ut i närliggande vattendrag. Läckaget är som störst under det kalla halvåret då få växter tar upp fosfor och kväve.

Sörenby, L. redovisar följande fördelning av reningsanläggningar inom enskilda avlopp.<sup>64</sup> Undersökningen är gjord för Stockholms län men antas gälla för hela Sverige.

Tabell 14. Sammanställning av olika typer av tekniklösningar för enskilda avlopp.

Typ av anläggning	Andel	Reningsgrad
Infiltrationsanläggning	43 %	88 %
Slamavskiljare	20 %	10 %
Markbädd	17 %	65 %
Sluten tank	16 %	100 %
Rensbrunn/Stenkista	4 %	0 %

<sup>63</sup> Wivstad et al. (2009)


<sup>64</sup> Sörenby, L. (2010)

Utifrån fördelningen i Tabell 14 kan ett medelvärde för reningsgraden för enskilda avlopp beräknas:

$$\frac{\text{Andel} \times \text{Reningsgrad}}{100 \%} = \text{Genomsnittlig reningsgrad}$$

Det ger en genomsnittlig reningsgrad på 60 %. Tidigare studier anger 50 % som ett riktvärde för reningsgraden.<sup>65</sup>

Tabell 15. Utflöden av växtnäringsämnen från avloppssystemet.

	Fosfor (ton/år)	Kväve (ton/år)	Beräkningar
Avlopp till grannkommun	-	-	Inget avlopp går till grannkommuner.
Kommunala reningsverk till luft	-	21	19 % av kvävet i det inkommande avloppsvattnet avges till luften i form av kvävgas under reningsprocessen. Fosfor avges ej till luften.
Slam från kommunala reningsverk	17	11	I slammet hamnar 10 % av det inkommande kvävet och 97 % av den inkommande fosfor.
Utsläpp från kommunala reningsverk till vattenmiljön	0,5	77	De kommunala reningsverken i Exempelkommunen har förmågan att rena bort 29 % av kvävet och 97 % av fosfor. Resten följer med det renade vattnet ut till recipienten.
Enskilda avlopp till vattenmiljön	0,5	3,0	Totala mängden näringsämnen i enskilda avlopp beräknades i Tabell 13. Den genomsnittliga reningsgraden för enskilda avlopp är 60 %.

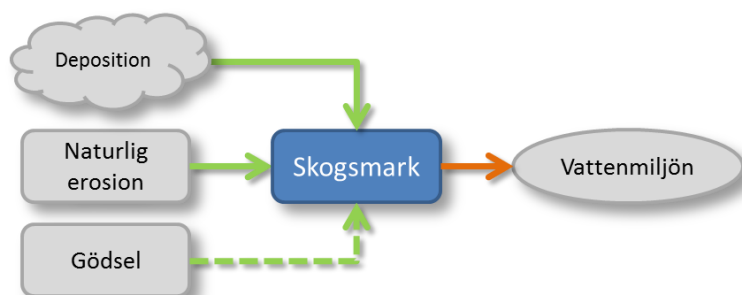
## Skogsbruk

Skogsmark läcker hela tiden växtnäringsämnen till vattendrag och sjöar. Det sker både från brukad skog men även naturligt från skogsmark som inte påverkas av människan. Vanligen går det inte att uppmäta skillnader i utflödet av växtnäringsämnen från brukad och naturlig skog. Mänskliga

<sup>65</sup> Naturvårdsverket (2004)

aktiviteter som ökar utflödet av växtnäringssämnen från skogen är avverkning och markavvattning.<sup>66</sup>

Tillflödet av växtnäringssämnen till skogen sker framförallt genom deposition av luftens kväve och naturlig erosion men även till viss del i form av gödsel.



Figur 12. In- och utflöden av växtnäringssämnen för skogsmark.

Utflödet från skogsmark beräknas ligga mellan 0,04-0,08 kg fosfor per hektar och år.<sup>67</sup> Kväveläckaget ligger kring 1 kg per hektar.<sup>68</sup> Vid skogsavverkning ökar dock läckaget flerfaldigt.

Tabell 16. Inflöden av växtnäringssämnen till skogsmark.



IN	Skogsmark	Fosfor (ton/år)	Kväve (ton/år)	Beräkningar
<b>Deposition</b>		2,1	258	Depositionen av kväve i Exempelkommunen beräknas vara 6 kg/ha. Motsvarande värde för fosfor är 0,05 kg/ha. Totalt har Exempelkommunen 37 300 ha skogsmark och 5 640 ha skogsimpediment
<b>Naturlig erosion</b>		-	-	Tillskottet från naturlig erosion är svårt att uppskatta. Den bör vara i samma storleksordning som läckaget då det annars hade uppstått en brist på växtnäringssämnen i opåverkade skogar.
<b>Gödsel</b>		-	-	Det finns begränsat med data för gödning av skog.

<sup>66</sup> Naturvårdsverket (2004)

<sup>67</sup> Naturvårdsverket (2004)

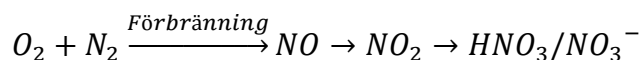
<sup>68</sup> Ring, E. (1995)

Tabell 17. Utflödet av växtnäringssämnen från skogsmark.

 	Fosfor (ton/år)	Kväve (ton/år)	Beräkningar
<p><b>Läckage till vattenmiljön</b></p>	2,1	43	<p>Utflödet från skogsmark ligger på omkring 0,05 kg fosfor och 1,0 kg kväve per hektar och år. Exempelkommunen har 42 950 ha skogsmark och skogsimpediment.</p>

### Förbränningsprocesser

Mycket av det kväve som tillförs jord och vatten via deposition har sitt ursprung i olika förbränningsprocesser inom industri och transport. Vid de höga temperaturer som uppstår vid förbränning bildar luftens syre och kväve kväveoxider, framförallt kvävemonoxid. Kvävemonoxid kan sedan oxideras till kvävedioxid som i sin tur bildar salpetersyra då den utsätts för en hydroxylradikal. Salpetersyran är mycket vattenlöslig och bildar därför lätt nitrat när den kommer i kontakt med vattendroppar i moln eller dimma.

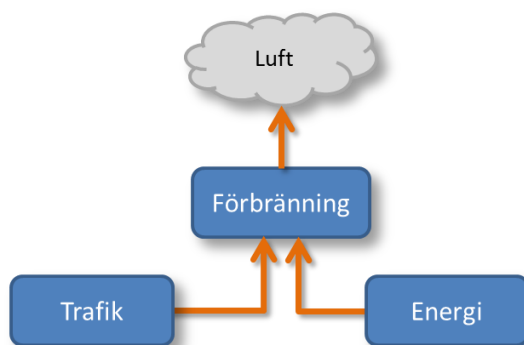


Nitrat är en växttillgänglig form av kväve och deposition av denna ger därför ett näringstillskott till skogar och sjöar. Salpetersyra är dessutom en syra som bidrar till försurningen av naturen.

Dessa kväveföreningar kan färdas långa sträckor med vindarna och utsläpp i närliggande länder kan därför påverka även Sverige. Nedfallet av kväve är därför som störst i södra Sverige. I Exempelkommunen har nedfallet beräknats till 6 kg per hektar och år.<sup>69</sup>

Förbränningsprocesser tillför nytt kväve till flödet av växtnäringssämnen då luftens kväve omvandlas till en växttillgänglig form. Med undantag för kvävedeposition på åkrar så tillförs dock kvävet i ”fel” ände av flödeskedjan, till områden som redan lider av övergödning.

<sup>69</sup> Naturvårdsverket (2011)




Figur 13. Utsläpp av kväve i form av kväveoxider från förbränningsprocesser.

Utsläppen av kväveoxider har minskat i Sverige sedan de miljöproblem som de medför uppmärksammades (framförallt försurning). Idag ligger utsläppen runt 150 000 ton per år.<sup>70</sup> De stora utsläppskällorna är bil- och lastbilstrafik, kraft- och värmeproduktion, flygtrafik och sjöfart. Även inom industrin finns utsläppskällor.

Tabell 18. Utsläppskällor för kväveoxider i Sverige.

Utsläppskälla	Utsläpp av kväveoxider (ton)	Omvandlat till rent kväve (ton)
<b>Trafik</b>		
Bil- och lastbilstrafik	70 000	21 304
Sjöfart	6 500	1 978
Flyg	2 000	609
Järnväg	1 400	426
Arbetsmaskiner	1 200	365
<b>Energi</b>		
El och fjärrvärme	12 600	3 835
Industrins förbränning	14 400	4 383
Industrins arbetsmaskiner	12 600	3 835
Bostäder uppvärmning	4 200	1 278
Bostäder arbetsmaskiner	1 200	365
Lokaler	600	183
Jordbruk uppvärmning	600	183
Jordbruk/Skogsbruk arbetsmaskiner	10 800	3 287
Övrigt	3 000	913
<b>Totalt</b>	<b>141 100</b>	<b>42 943</b>

Tabell 19. Utflöden av växtnäringssämnen från förbränningsprocesser.

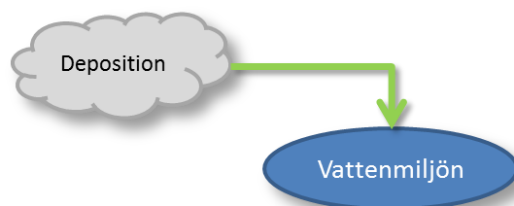
Förbränning 	Fosfor (ton/år)	Kväve (ton/år)	Beräkningar
<b>Förbränning</b>	-	158	De totala utsläppen av kväveoxider i Sverige fördelas på kommunnivå

<sup>70</sup> Naturvårdsverket (2011)

			<p>efter antalet invånare. Utsläppen uppgår nationellt till 150 kton (räknat som kvävedioxid). Kvävedioxid utgörs av 14/46 delar kväve. Exempelkommunen har 32 500 av Sveriges totalt ca 9,4 miljoner invånare 2009 (det år som kväveoxidmängden rapporteras för).</p>
--	--	--	--

## Deposition på vatten

Kväve- och fosfordeposition direkt på vattensamlingar utgör till skillnad från motsvarande nedfall på land ett betydligt större problem ur övergödningssynpunkt. Växtnäringsämnen som faller med regn på skogs och åkermark kan tas upp av växter och jord och läckaget till vattenmiljöer är därför relativt litet. Den deposition som sker direkt på vattenytan av sjöar, hav och vattendrag ger däremot ett direkt utslag i form ett ökat tillskott av växtnäringsämnen till den känsliga vattenmiljön.



Figur 14. Deposition av växtnäringsämnen i på vatten.

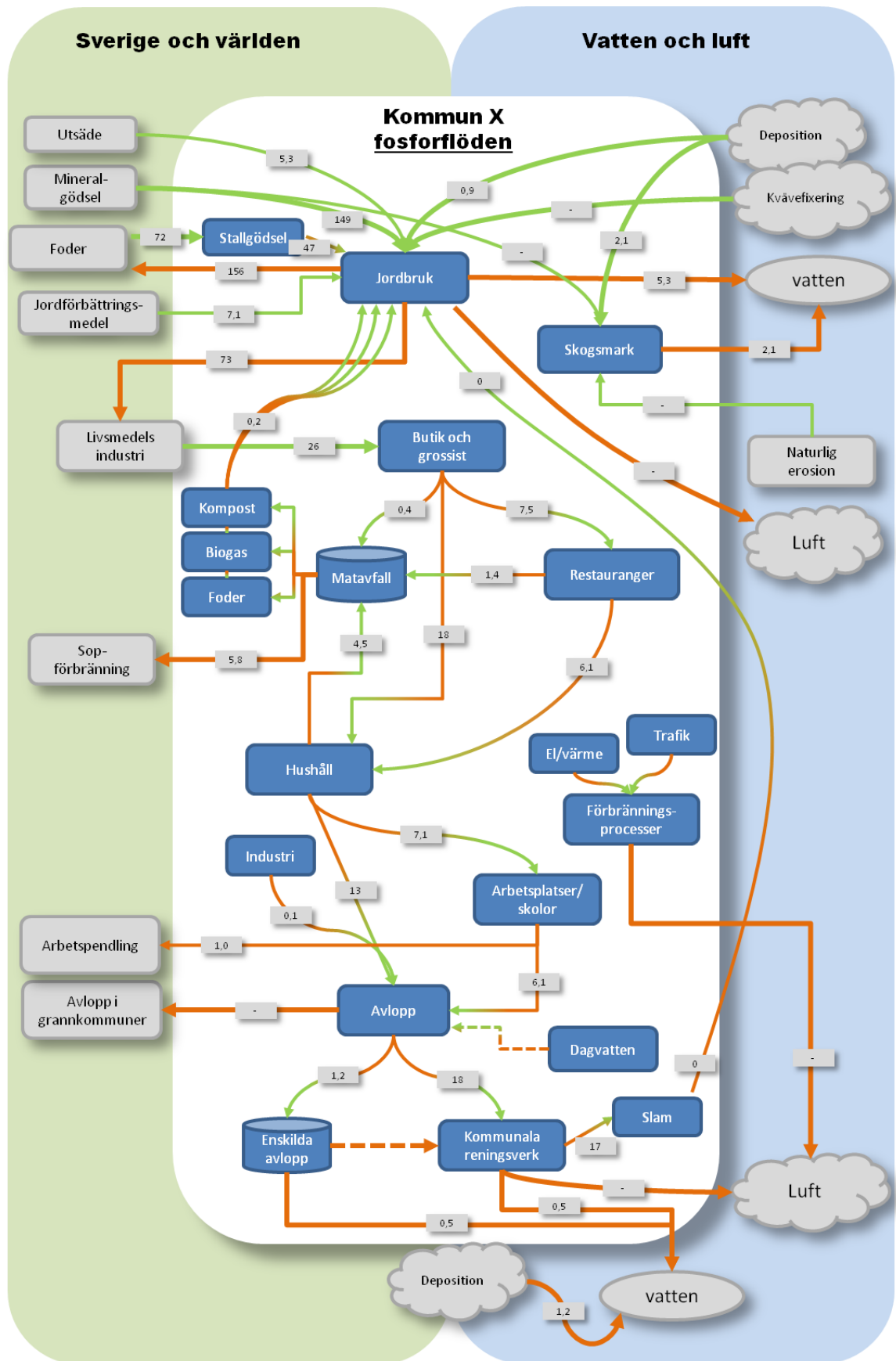
Den totala arealen för inlandsvatten i Exempelkommunen är 238 kvadratkilometer. Depositionen av växtnäringsämnen antas vara den samma som för land, 6 kg kväve och 0,05 kg fosfor per hektar och år.

Tabell 20. Inflöden av växtnäringsämnen till vattenmiljön i form av deposition.

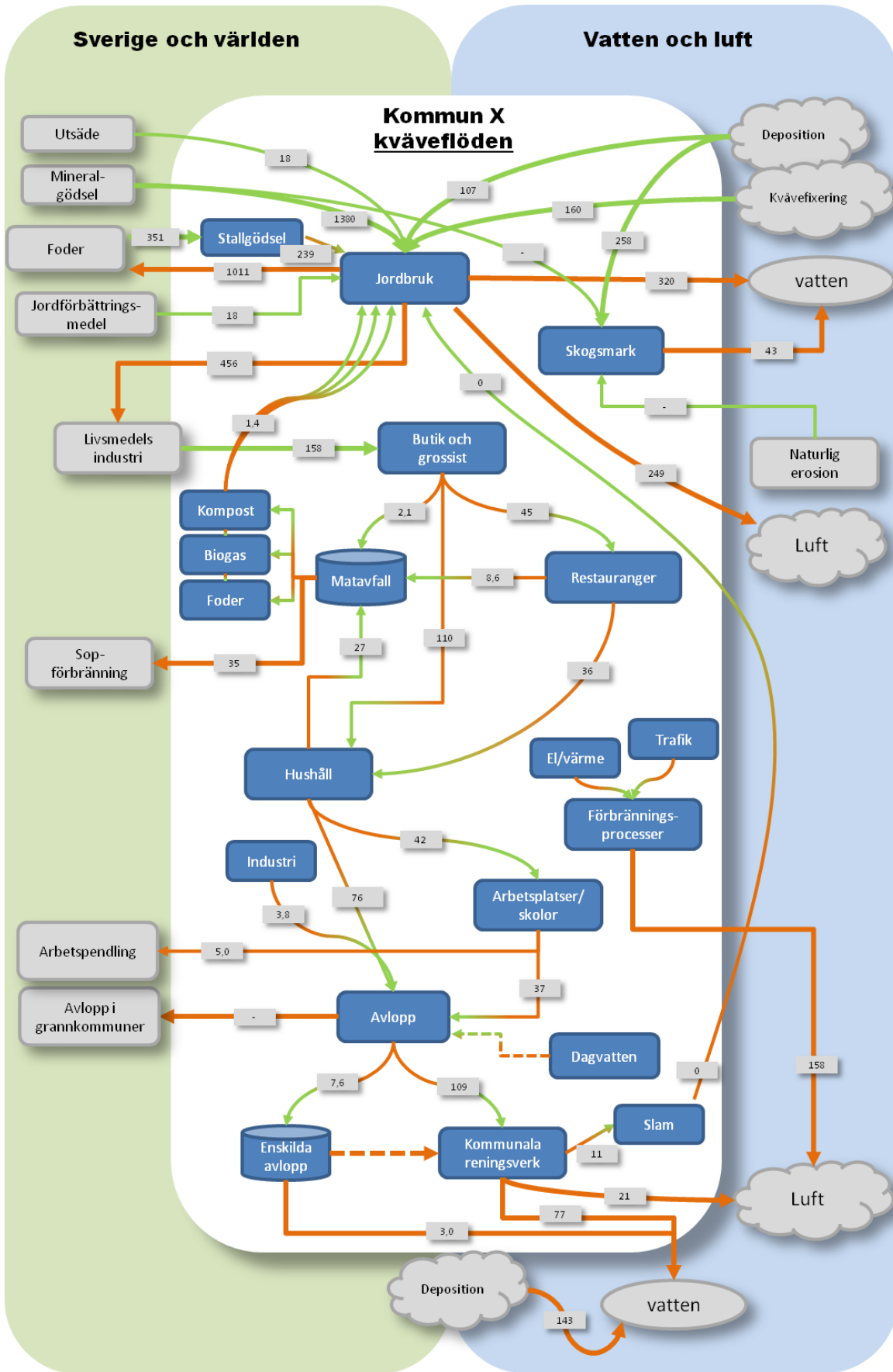
IN → Vattenmiljön	Fosfor (ton/år)	Kväve (ton/år)	Beräkningar
Deposition på inlandsvatten	1,2	143	Depositionen är 0,05 kg fosfor och 6 kg kväve per hektar och år. Totala arealen av inlandsvatten i Exempelkommunen är 238,4 km <sup>2</sup> .
Deposition på havsvatten	-	-	Exempelkommunen gränsar inte till något hav.
Övriga inflöden till vattenmiljön			Se respektive tabell.



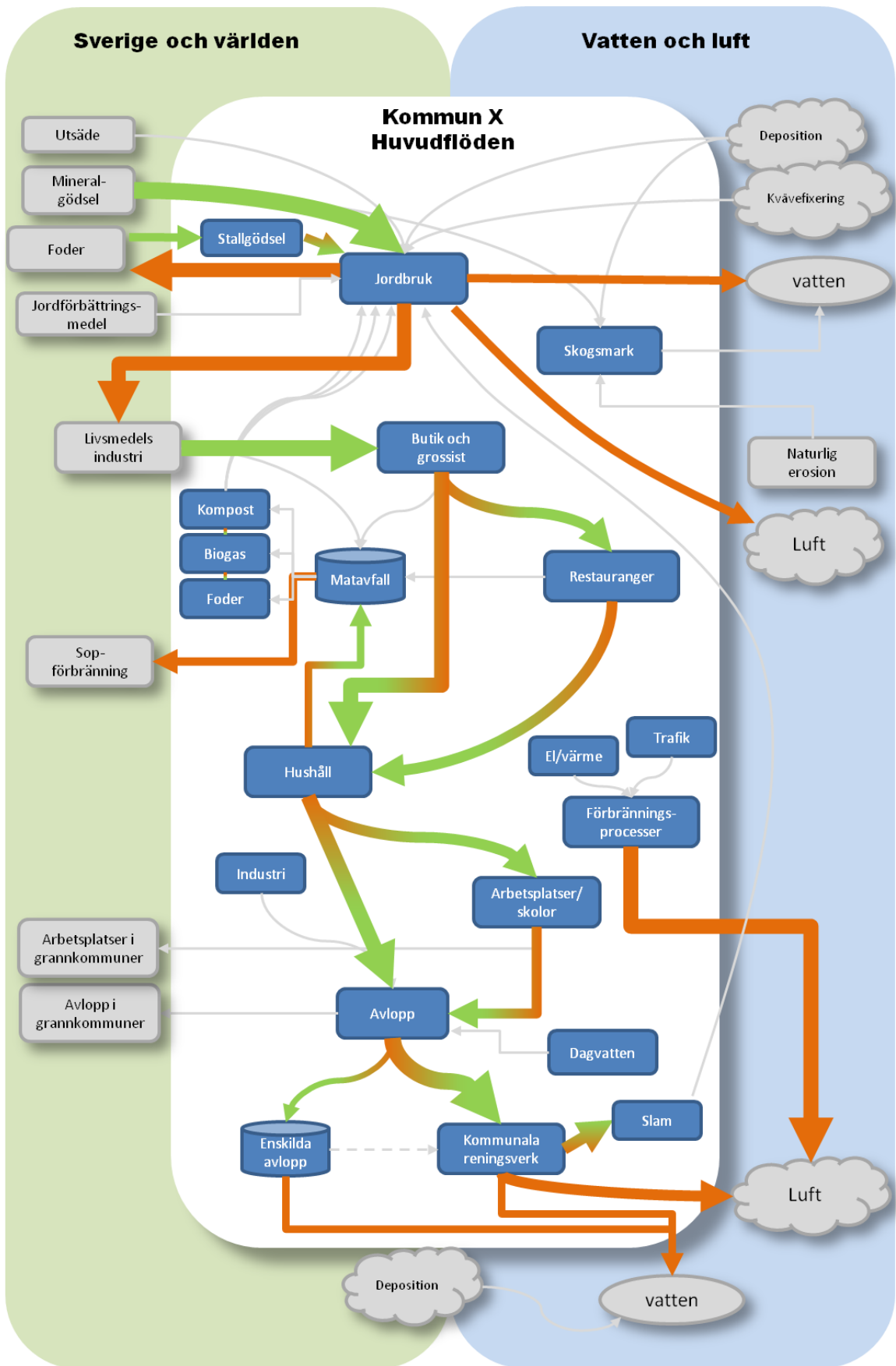
Figur 15. Beräknade fosforflöden i Exempelkommunen. Redovisas i ton/år. Helgröna och belräda pilar representerar in- respektive utflöden från systemet medan rödgröna pilar representerar flöden inom kommunen.



Figur 16. Beräknade kväveflöden i Exempelkommunen. 1 Redovisas i ton/år. Helgröna och belröda pilar representerar in- respektive utflöden från systemet medan rödgröna pilar representerar flöden inom kommunen.



Figur 17. Huvudflöden av växtnärsämnen i Exempelkommunen.



## Utvärdering av flöden

### Osäkerheten i flödesberäkningarna

Flödena av växtnäringsämnen i samhället går inte att mäta. Istället måste beräkningar göras utifrån den statistik som finns framtagen för de ingående processerna. Osäkerheten i den underliggande statistiken varierar. Data för exempelvis avlopp, jordbruksarealer och invånarantal är mycket tillförlitliga och finns tillgängliga på kommunnivå. Inom vissa områden måste nationella data användas som sedan räknas om för att passa Exempelkommunen. Andra data baseras på punktmätningar som sedan extrapoleras till att gälla för en hel process. Det gäller t.ex. mängden matavfall och storleken på den atmosfäriska depositionen.

Att beräkningarna är baserade på varierande bakgrundsdata och källor leder till flöden inte alltid stämmer överens med varandra. Ibland kan en delprocess därför till synes ha större utflöden än inflöden eller tvärtom. I verkligheten ska in- och utflöden i varje delprocess vara lika. Även för kommunen i stort bör summan av alla inflöden vara lika med summan av alla utflöden. I utflöden ingår då även läckage.

Mindre variationer kan även förklaras av avrundningseffekter då samtliga resultat avrundas till två signifikanta siffror.

### Sammanfattning av läget i Exempelkommunen

De huvudsakliga flödena i Exempelkommunen redovisas i Figur 17. Störst är flödet av produkter till jordbruket i form av mineralgödsel och foder. Livsmedelsimporten står för en relativt liten del av inflödet av växtnäringsämnen jämfört med många andra svenska kommuner. Av de stora utflöden som går till andra kommuner är det endast livsmedel och foder som återförs till växtnäringsflödet. Övriga utflöden är matavfall som går till sopförbränning, avloppsslam som blir anläggningsjord samt olika typer av läckage.

Den återföring av växtnäringsämnen som sker i dagsläget är de matrester som samlas in från vissa storkök och restauranger för biogasframställning. Det finns därför en stor potential att öka återföringen av växtnäringsämnen betydligt i Exempelkommunen.

### Huvudflöden

Flödet av växtnäringsämnen i samhället kan förenklat delas upp i två separata system, jordbruket och konsumentledet. De två systemen är till viss del sammanlänkade på nationell nivå, men inte lika tydligt på kommunal nivå. Jordbruket tar in växtnäringsämnen i form av framförallt mineralgödsel och foder. Ut från jordbruket går grödor och animalier till livsmedel. Dessa livsmedel lämnar till största delen kommunen. Jordbruket har även utflöden i form av utsläpp till luft och vatten.

Det andra huvudsakliga systemet är konsumentledet. Livsmedel är det dominerande inflödet och växtnäringsämnen går sedan via butiker,

restauranger och hushåll för att slutligen hamna i avloppet. Figur 17 på föregående sida visar en översiktsbild av huvudflödena.

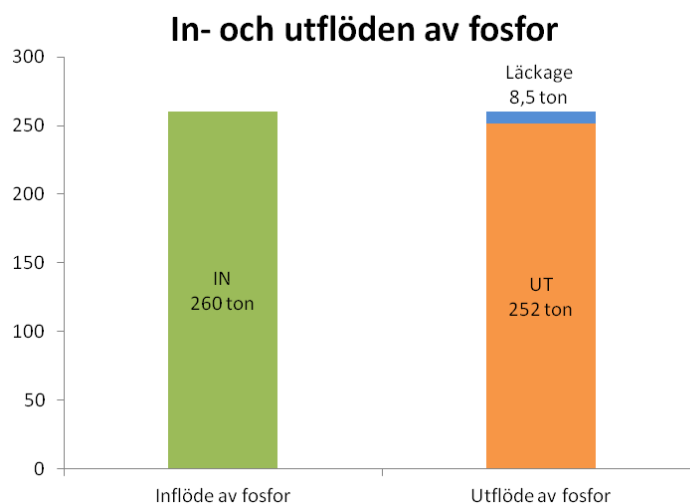
### Totala in- och utflöden

De totala in och utflödena av fosfor och kväve i Exempelkommunen presenteras i figurerna nedan. Dessa flöden inkluderar inte naturlig erosion och inte heller förbränningsprocesser och atmosfärisk deposition av fosfor och kväve (förutom det som sker på jordbruksmark).

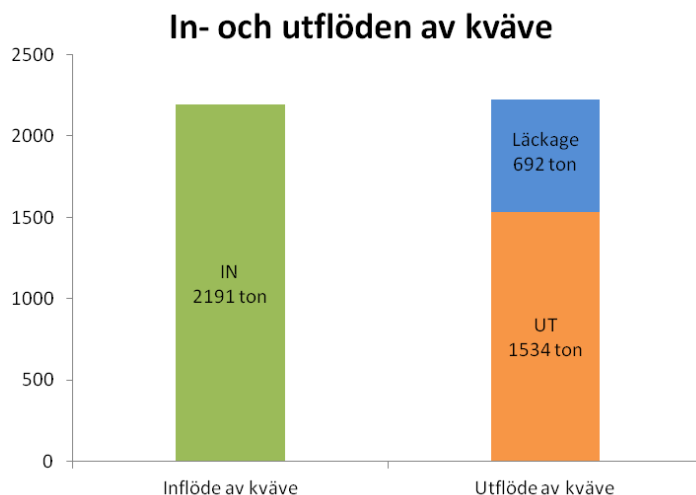
Inflödet av fosfor till kommunen är 260 ton om året. Utflödet beräknas till 252 ton och läckaget till 8,5 ton varje år. Att in- och utflöde inte helt stämmer överens beror dels på de osäkerhetsfaktorer som nämns ovan.

Det årliga inflödet av kväve beräknas till knappt 2200 ton. Det totala utflödet under samma period beräknas till 2226 ton varav 692 ton utgörs av läckage. Att det totala utflödet överstiger summan av samtliga inflöden beror återigen på de osäkerheter tidigare nämnts.

Läckaget av kväve är betydligt större än läckaget av fosfor sett till hur stor del av det totala utflödet de utgör av respektive växtnäringsämne. Det har två huvudsakliga orsaker. Dels avgår kväve lätt till luften, vilket fosfor inte gör. Kväveläckage till luften uppstår i samband med lagring och spridning av gödsel, denitrifikationsprocesser i marken, avluftning vid reningsverk, m.m. Vid reningsverken är reduktionen av fosfor dessutom mycket effektiv. Ett normalt reningsverk kan fånga upp runt 95 % av fosfor medan 20-40 % av kvävet läcker ut till recipienten. I Exempelkommunen har de två kommunala reningsverken en genomsnittlig reningsgrad på 97 % för fosfor och 29 % för kväve.



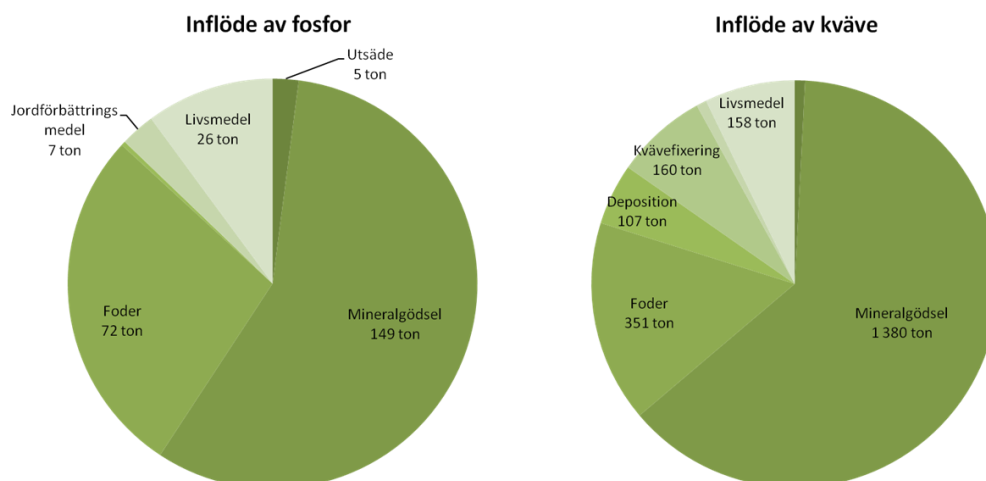
Figur 18. En jämförelse av det totala in- och utflödet av fosfor. Staplarna visar summan av samtliga flöden som har räknats fram i kartläggningen.



Figur 19. En jämförelse av det totala in- och utflödet av kväve. Staplarna visar summan av samtliga flöden som har räknats fram i kartläggningen.

## Inflöden

Inflöden av växtnäringssämnen sker i form av livsmedel till butik och grossist och produkter till jordbruket. I Exempelkommunen utgör importen av mineralgödsel det största inflödet följt av inflödet av foder. För både foder och mineralgödsel skiljer sig siffrorna något från verkligheten. Foder används framförallt på de gårdar där det odlas och förflyttas därför inte i några större mängder över kommungränserna. I beräkningarna tas dock samtliga flöden upp som import och export, då systemgränsen är placerad runt åkern. I många kommuner är importen av foder större än importen av mineralgödsel. Då djurhållningen i Exempelkommunen är mindre i relation till den odlade arealen så resulterar det i en större import av mineralgödsel. När det gäller inflödet av kväve utgör även atmosfärisk deposition och kvävefixering stora delar av det totala inflödet.



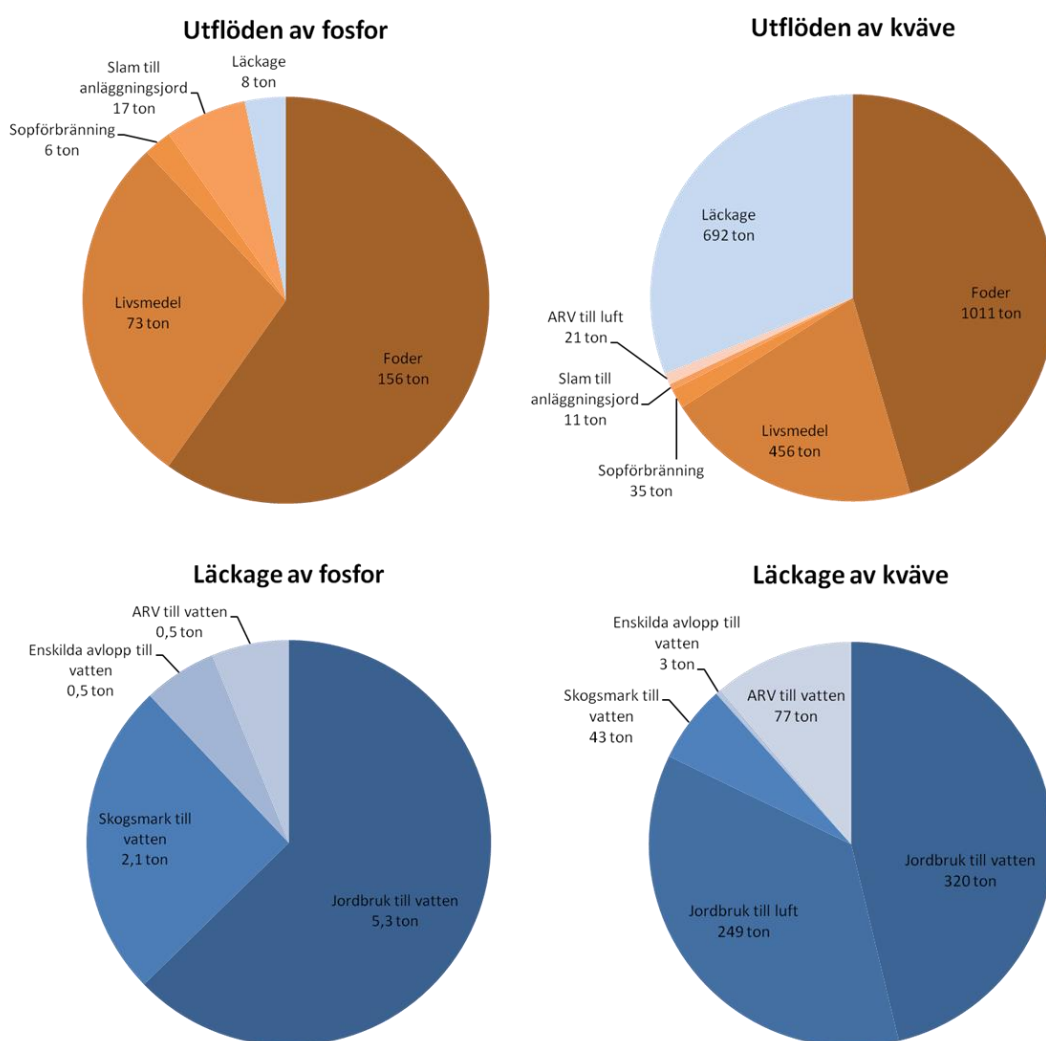
Figur 20. Inflöden av fosfor och kväve till kommunen. Redovisas i ton/år.

## Utflöden

Utflöden sker i form av produkter, avfallsströmmar och läckage.

Utflöden i form av produkter sker från jordbruket som producerar foder och livsmedel. Foder utgör det största utflödet i beräkningarna men används som tidigare nämnts framförallt inom kommunens eget jordbruk. Jordbruket ger också upphov till livsmedel, både vegetabiliska och animaliska. Dessa innehåller totalt 73 ton fosfor och 456 ton kväve årligen, vilket är ungefär hälften av växtnäringens innehåll i fodret. Fördelningen mellan foder- och livsmedelsproduktion är dock ett nationellt snitt och förhållandet mellan dem kan därför vara annorlunda i Exempelkommunen.

Avfallsströmmar genereras till största delen i konsumentledet. Framförallt består dessa av matavfall och avloppsvatten. Endast en mycket liten del av dessa flöden återförs idag till jordbruket i Exempelkommunen. Matavfall går istället till sopförbränning och växtnäringen i avloppsvattnet hamnar i slammet som sedan används som anläggningsjord samt avgår till luft och vatten.



Figur 21. Utflöden och läckage av fosfor och kväve från kommunen. Redovisas i ton/år.

Läckage uppstår både i samband med skogs- och jordbruk och vid rening av avloppsvatten. Jordbruket står för mer än hälften av fosforläckaget och

drygt tre fjärdedelar av kväveläckaget i Exempelkommunen. Jordbruket står även för en stor del av utsläppen på nationell nivå, men jordbrukets roll blir extra viktig i en kommun där jordbruksarealen är stor i relation till befolkningsmängden. Skogsbruket står också för en stor del av läckaget, men mycket av detta är naturligt läckage som inte påverkas av människan. Vissa aktiviteter i samband med skogsbruk så som gödsling och avverkning ökar dock avrinningen från skogsmark markant.

Enskilda avlopp i Exempelkommunen står för en lika stor del av fosforutsläppen som de kommunala reningsverken. Detta trots att 90 % av befolkningen är anslutna till det kommunala avloppsnätet. Detta tydliggör hur viktigt det är att se över enskilda avlopp för att minska läckaget till vattenmiljön. Andelen kväve från enskilda avlopp är betydligt mindre. Det beror inte på att kvävereningen i enskilda avlopp fungerar bättre utan är endast en effekt av att det totala utsläppet av kväve är större från andra källor.

Kommunala avloppsreningsverk är effektiva på att rena bort fosfor. Fosforutsläppen från reningsverken är endast 0,5 ton per år. Att reducera mängden kväve i avloppsvattnet är svårare. Kväveutsläppen från avloppsreningsverk utgör drygt 10 % av det totala kväveläckaget.

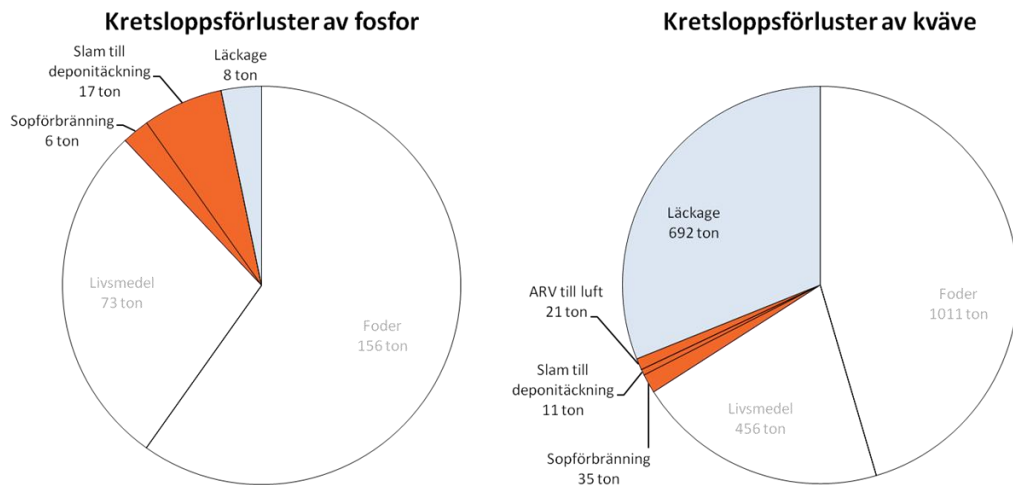
### **Gamla och nya problemflöden**

Det finns två typer av problematiska flöden av växtnäringsämnen. För kväve finns även ett tredje problemflöde från förbränningsprocesser.

De flöden som traditionellt har setts som problematiska är de läckage som sker till vattenmiljöer och där leder till övergödning. Det har därför funnits ett starkt fokus på att minimera dessa flöden genom lagstiftning och ny teknik. Som ett resultat har det skett en betydande minskning av dessa utsläpp de senaste årtiondena.

I och med insikten att fosfor och kväve är ämnen som bör hushållas med ur resurs- respektive energisynpunkt uppstår nya problemflöden. När ett flöde lämnar kretsloppet av växtnäringsämnen går det förlorat och måste därmed ersättas med nytt fosfor och kväve. Att hela tiden behöva tillföra stora mängder mineralgödsel till systemet är inte hållbart på lång sikt. Flöden där växtnäringsämnen förstörs eller förs ut från kretsloppet bör alltså även de ses som problemflöden som kräver åtgärder. När det gäller fosfor är dessa kretsloppsförluster betydligt större än de läckage som det tidigare har fokuserats på. Även för kväve utgör kretsloppsförlusterna ett betydande flöde, i synnerhet om fokus ligger på kommunala utsläpp istället för utsläpp från jordbruket som är svårare att åtgärda.





Figur 22. Kretslopps förluster (röda) och läckage (blå) av fosfor och kväve.

Även läckage till vatten är dock en förlust av växtnäringsämnen från kretsloppet. Det är därför fortfarande viktigast att minska just dessa utflöden då de både innebär en kretslopps förlust och ett miljöproblem.

I Exempelkommunen består kretslopps förlusterna till största delen av det matavfall som går till sopförbränning och växtnäringsämnen i avloppsvatten som inte tas till vara. Tillsammans står dessa avfallsströmmar för 23 ton fosfor och 46 ton kväve. När det gäller fosfor är dessa kretslopps förluster betydligt större än de 8 ton som räknas till läckage. Vid avloppsreningsverk inom kommunen destrueras dessutom drygt 20 ton växttillgängligt kväve och släpps ut till luften.

Den återföring som sker inom kommunen idag är matavfall från vissa restauranger och storkök som samlas in. Detta flöde uppgår till ca 0,2 ton fosfor och 1,4 ton kväve.

### Vad är en fosfor- och kvävenutral kommun?

I en helt fosfor- och kvävenutral kommun är summan av in- och utflöden mellan kommunen och resten av samhället lika med noll. Kommunen exporterar då samma mängd växtnäringsämnen som den importerar. Flöden ut från kommunen ska vara i sådan form att växtnäringsämnen kan återföras till produktiva delar i kedjan (livsmedel, gödsel, foder etc.). Kretslopps förluster ska vara helt eliminerade eller kompenserade av en indirekt återföring av växtnäringsämnen från läckage, exempelvis genom återföring av sediment från sjöar eller havsvikar. Flöden som endast passerar genom kommunen, exempelvis vattendrag som för med sig växtnäringsämnen eller matvaror som endast transporteras genom eller mellanlagras i kommunen anses inte vara en del av kommunens system. Vaxtnäringsämnen som kommer in i kommunen via vattendrag från andra kommuner anses inte heller belasta kommunens neutralitet, även om dessa växtnäringsämnen stannar inom kommunen genom sedimentering. Inte heller atmosfärisk deposition, naturlig erosion eller naturligt läckage anses vara en del av kommunens system. Det gäller även de utsläpp till atmosfären som sker från förbränningsprocesser. En fosfor- och kvävenutral kommun kan därmed

fortfarande ha problem med övergödning på grund av inflöden från närliggande kommuner.

### **Förbättringspotential i Exempelkommunen**

Att förhindra läckage till luft och vatten har tidigare varit det prioriterade målet. Fokus har därför ofta legat på så kallade end-of-pipe-lösningar som syftar till att motverka utsläpp nedströms. Om målsättningen höjs till att även innefatta återföring av fosfor och kväve förändras förutsättningarna även när det gäller de tekniska lösningarna. För att effektivisera återvinningen bör den ske så nära källan som möjligt. Uppströmslösningar är alltså att föredra framför end-of-pipe-lösningar.

### Avloppsflöden

För avloppsflöden sker idag ingen återföring av slam till jordbruket i Exempelkommunen. Avloppsreningsverk är inte heller designade för att ta hand om växtnäringsämnen, utan endast för att rena det utgående vattnet. Det resulterar i att endast 10 % av kvävet i det inkommande avloppsvattnet kan tas till vara i slammet. Den största delen av kvävet släpps istället ut till luften i en energislukande reningsprocess. Fosfor som fångas upp i slammet tappar mycket av sitt värde som växtnäringsämne på grund av att det blandas med en stor mängd oönskade ämnen och kemikalier. Allt ifrån läkemedel till tungmetaller hamnar i slammet och sprids på åkrarna tillsammans med fosfor och kväve om avloppsslam används för att återföra växtnäringsämnen. Detta är inte hållbart på lång sikt då koncentrationerna av skadliga ämnen långsamt ökar i våra jordar.

Idag används avloppsslammet från avloppsreningsverken i Exempelkommunen som anläggningsjord. För att istället återföra näringsämnen från avloppsvattnet och på så sätt minska kretsloppsförlusterna kan olika uppströmslösningar användas men det finns även tekniker som kan framställa rena växtnäringsfraktioner vid avloppsreningsverken.

Enskilda avlopp i Exempelkommunen står även de för ett icke hållbart flöde. Framförallt är utsläppen av fosfor stora på grund av bristfälliga tekniska lösningar. Här finns en mängd både kända och mindre kända tekniker som kan förbättra situationen

I teknikdelen presenteras uppströmslösningar för både kommunala och enskilda avlopp som minskar läckaget till naturen och ökar återföringen av rena växtnäringsfraktioner.

### Flöden av matavfall

Ett stort utflöde av växtnäringsämnen från Exempelkommunen är matavfall från hushåll som går till förbränning. Vid förbränning förstörs kvävet i matavfallet. Fosfor hamnar i askan men återanvänds inte som växtnäring. Askan innehåller många tungmetaller och andra ämnen som inte är lämpliga att sprida på jordbruksmark.

Även för matavfall finns det betydligt bättre alternativ tillgängliga för att möjliggöra återvinning av växtnäringsinnehållet i avfallet. Många av dessa är

redan väl kända. Att uppnå återvinning av matavfall handlar därför lika mycket om beteende och medvetenhet som om tekniska lösningar. Båda dessa ämnen tas upp i teknikdelen.

#### Läckage från jordbruket

Precis som de flesta andra kommuner har Exempelkommunen stora läckage från sitt jordbruk. Detta är något som kommunen redan jobbar kontinuerligt med att förbättra. I teknikdelen presenteras ett par tekniska lösningar som har visat bra resultat vid tidigare försök.

#### **Ytterligare problemflöden**

##### Utsläpp och deposition av kväve och fosfor

Luftburet kväve i form av kväveoxider utgör ett stort inflöde av näringsämnen till kommunen. Dessa räknas dock bort i balansen då de till övervägande del genereras utanför kommunens gränser. Även utsläpp som genereras inom kommunen räknas bort från balansen då kväveoxider bildas ur luft som biprodukter i processer med andra syften och därför inte är kopplade till kretsloppet av näringsämnen på samma sätt som flöden av exempelvis foder, mat och gödsel. Dessa utsläpp kan alltså inte ses som ett utflöde som går till spillo. Tvärtom leder nedfallet av fosfor och kväve på jordbruksmark till ett tillskott av växtnäringsämnen, om än relativt litet.

Däremot är utsläppen och nedfallet av kväve ett problemflöde ur miljösynpunkt. Nedfallet av kväve utgör ett hot mot miljön genom försurning och övergödning och utsläppen av kväveoxider bör därför begränsas.

Storleken på det atmosfäriska nedfallet är svårt att beräkna exakt. För nedfall av kväve finns det mätningar som visar hur nedfallet är fördelat på länsnivå som anses vara relativt tillförlitliga. För fosfordnedfallet finns inte lika bra statistik. Flera källor pekar på ett värde mellan 0,01 och 0,07 kg/ha<sup>71,72</sup> medan SCB i sina beräkningar räknar med ett nedfall på 0,3 kg/ha<sup>73</sup>

Problemet med nedfall av fosfor och kväve är som störst då det sker på vatten och därmed direkt påverkar övergödningen. Nedfall på land anses inte vara ett lika allvarligt problem ur övergödningssynpunkt då retention förhindrar en stor del av näringsämnena från att nå vattenmiljöer. Däremot leder det stora nedfallet av kväve till försurning av skog och mark.

#### Läckage från sediment

Det sediment som finns på botten av sjöar och Östersjön är rikt på näringsämnen. Under vissa vattenförhållanden kan näringsämnen, i synnerhet fosfor, frigöras. Syrefattigt vatten leder till att järn, som normalt binder fosfor, reduceras. Därmed frigörs stora mängder fosfat från bottensedimentet. Vid sådana förhållanden kan fosforläckaget från sedimentet överstiga det som tillförs vattnet från mänskliga aktiviteter. Även

---

<sup>71</sup> SLU (2010)

<sup>72</sup> Sörenby, L. (2010)

<sup>73</sup> SCB (2009)

växtnäringsämnena i sedimentet härstammar dock ursprungligen till stor del från antropogena källor.

## 6. Teknik för växtnäringsåtervinning

När det gäller teknik för återförande av växtnäringsämnen kan denna delas upp på ett antal olika områden. I det här avsnittet presenteras tekniska lösningar för jordbruk, matavfall, VA, dagvatten och muddring samt utsläpp av kväveoxider.

### Jordbruk

Det har genomförts många studier för att hitta sätt att minska växtnäringsutsläppen från jordbruken. Många åtgärder har också vidtagits och är allmänt kända inom lantbruket. Några exempel är att införa gödslingsfria zoner närmast vattendrag och att mylla ned stallgödsel direkt efter spridning. Det är även viktigt att flytgödselbehållare hålls täckta för att minska ammoniakavgången.

### Reglerad dränering

Med reglerad dränering kan jordbrukaren själv styra grundvattennivån för en åker. Avrinningen kan styras mekaniskt med hjälp av reglerbrunnar och vattennivån kan på så sätt hållas på en nivå som är optimal för grödorna. Att avrinningen minskar innebär även att läckaget av växtnäringsämnen minskar.

Många åkrar använder sig idag av täckdikning, där underjordiska diken leder bort vattnet för att inte marken ska översvämmas under perioder med mycket regn eller snösmältning. Maximal dränering behövs dock endast under ett fåtal korta perioder. Under torrare perioder kan dräneringssystemet vara för effektivt i sin vattenavledning vilket leder till att grödorna inte får den vattenmängd de behöver. Reglerad dränering använder sig av ett antal reglerbrunnar för att komma till rätta med detta problem. Genom att erbjuda möjligheten för jordbrukaren själv att reglera vattennivån kan onödig avrinning, och växtnäringsläckage, undvikas.

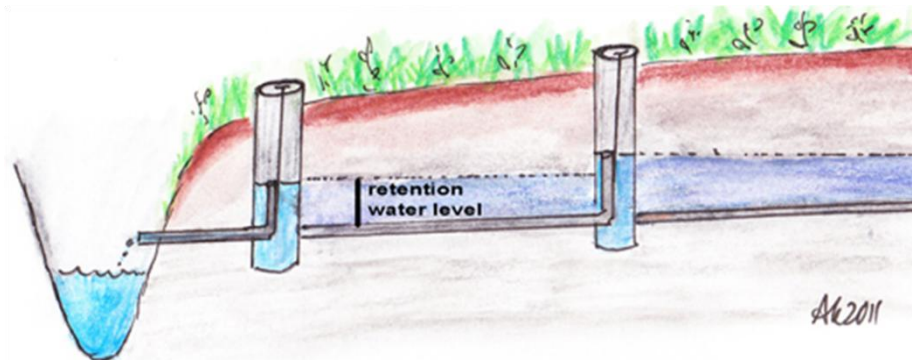


Figur 23. Till vänster: Principskiss av reglerbrunn<sup>74</sup>. Till höger: Insidan av reglerbrunn sedd uppifrån.<sup>75</sup>

<sup>74</sup> foto: Kaivotuote

<sup>75</sup> foto: Airi Kulmala

Reglerbrunnarna placeras längs dräneringsledningarna och kan justeras efter önskad grundvattennivå. Systemet fungerar bäst på åkrar där lutningen inte överstiger 2 %. Då kan en reglerbrunn styra vattennivån för ca 1,5 ha. Överstiger lutningen 2 % blir systemet dyrare då fler reglerbrunnar behövs. Reglerad dränering passar bäst för jord med god vattengenomsläpplighet.



Figur 24. Principen för Reglerad dränering. Genom att minska utflöden från åkern minskar läckaget av växtnäringsämnen samtidigt som grödorna får en god vattentillgång.<sup>76</sup>

Reglerad dränering har testats i både Sverige och Finland. Resultaten visar att det sker en markant minskning av växtnäringsläckaget från åkrar med reglerad dränering. Detta beror på att vattenavrinningen minskar samtidigt som halten växtnäringsämnen i det utgående vattnet är konstant.

### Återföring av dräneringsvatten

Under våren och vid kraftiga regn sker en stor avrinning från åkrarna. Med vattnet följer även stora mängder växtnäringsämnen. Genom att samla upp detta vatten i separata bassänger kan både vattnet och växtnäringsämnens utnyttjas igen genom att återföra vattnet under torrare perioder.

Särkilt under våren då jorden ofta är fuktig och upptaget av vatten lågt kan stora mängder vatten och växtnäringsämnen läcka ut från åkrarna. Om en lämplig bassäng finns tillgänglig kan vatten då samlas upp där. Återvinning av vatten kan även göra stor nytta under år med mycket torrt väder. Försök med återvinning av vatten har visat att metoden ger ett minskat läckage från jordbruket samtidigt som det har en positiv ekonomisk effekt.<sup>77</sup> Återvinning av dräneringsvatten kan med fördel kombineras med Reglerad dränering som beskrivs ovan (Se även bilden till höger nedan).

<sup>76</sup> illustration: Airi Kulmala

<sup>77</sup> Mavi (2009)



Figur 25. Till vänster: Dräneringsvatten från åkern som innehåller stora mängder växtnäringsämnen samlas upp i en damm i anslutning till åkern. Till höger: Vattnet kan sedan återföras till en reglerbrunn för reglerad dränering som på bilden eller användas i det ordinarie bevattningssystemet.

### Användning av filtermaterial

En ny teknik som skulle kunna användas för att minska avrinningen av växtnäringsämnen från jordbruket är polonite, som beskrivs i avsnittet om enskilda avlopp ovan. Materialet som tillverkas av bergarten opoka består framförallt av kalk och har en förmåga att fånga upp nära 100 % av de fosfatjoner som finns i det vatten som passerar filtret. När filtret är mättat och måste bytas ut kan materialet spridas på åkermark och tillför därmed fosfor och kalk.

Polonite har visat mycket bra resultat för avskiljning av fosfor från lakvatten från jordbruksmark. I fullskaletester som genomfördes av IVL Svenska Miljöinstitutet och BalticSea2020 konstaterades det att en kombination av polonitefilter och dammar har potentialen att minska läckaget från jordbruket med 60 %. Polonite fångar då upp fosfatjonerna medan dammarna tar hand om den partikulära fosfor som inte filtret klarar av.

### Färgsensorstyrd gödsling

Rätt mängd växtnäringsämnen ger upphov till mer klorofyll i bladen som därmed får en mörkare grön färg jämfört med grödor som gödslas för lite. Genom att använda sig av en färgsensor, som mäter våglängden på den strålning som reflekteras från grödornas blad samt även tar hänsyn till grödornas täthet, kan därför en uppskattning av tillgången på kväve och andra växtnäringsämnen i jorden göras.

Det norska växtnäringsföretaget Yara har utvecklat Yara N-sensor som kan monteras på en traktor. Sensorn mäter färgen på grödorna runt traktorn i real-tid och distribuerar sedan precis rätt mängd gödsel. Genom att kunna anpassa och variera gödselmängden efter behovet går det att undvika att

gödsel tillförs i större mängder än vad som krävs.<sup>78</sup> Det innebär i sin tur att läckaget till vattenmiljön kan minimeras.



Figur 26. Principen för Yara N-sensor. Mätaren på traktorns tak mäter kontinuerligt färgen på grödorna för att på så sätt beräkna hur mycket gödsel som spridaren bör ge.<sup>79</sup>

### Uppdelad gödsling

Om gödsel endast tillförs på våren är risken stor att en del av gödslet inte kommer grödorna tillgodo utan istället avgår till vatten eller luft. Genom att istället tillsätta gödslet uppdelat på två eller tre tillfällen under odlingsperioden kan bättre resultat uppnås. Uppdelad gödsling kan både ge ett mindre läckage av växtnäringsämnen och en större skörd.

Att tillförseln av gödsel delas upp möjliggör även en anpassning av givan efter väder- och odlingsförhållanden. Om dåliga förhållanden råder kanske inte grödorna begränsas av brist på näringsämnen. Med uppdelad gödsling är det då möjligt att minska givan vid tillfälle två eller tre. På så sätt tillförs inte onödiga mängder gödsel till åkermarken.

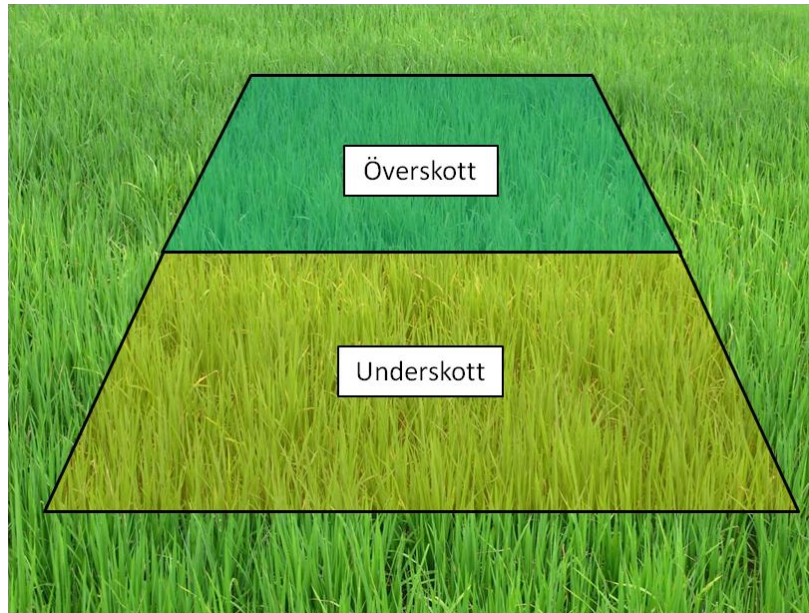
För att jordbrukaren ska veta om grödorna begränsas av brist på växtnäringsämnen kan två små referensrutor anläggas mitt i fältet. Den ena gödglas med ett överskott av växtnäringsämnen och den andra med ett underskott. Genom att jämföra övriga grödors gröna färg med dessa två referensrutor kan det avgöras när det är dags att tillföra mer gödsel till åkern. Alternativt så kan Yara N-sensor som beskrivs ovan användas.

---

<sup>78</sup> Källgård, H. (2011)

<sup>79</sup> Nissen, K.





Figur 27. Referensrutor med överskott respektive underskott av växtnäringssämnen kan ge en god indikation på gödslingsbehovet för en åker. Om rutan med överskott av näringsämnen är grönare än resterande grödor på åkern innebär det att bristen på växtnäringssämnen är begränsande och mer gödsel bör tillföras. Om färgen på överskott-rutan och resterande grödor är lika är andra faktorer begränsande och inget ytterligare gödsel behöver tillföras. Om rutan med underskott av gödsel börjar gulna innebär det att även resterande grödor snart kan komma att lida av växtnäringbrist.

## Nya gödselmedel

### Arginin

I mineralgödsel förekommer vanligtvis kvävet i form av ammonium, nitrat eller urea. De är vattenlösliga och sköljs lätt bort vid regn eller bevattning. Det Umeå-baserade bioteknikföretaget Swetree Technologies har utvecklat en ny gödselprodukt som leder till att läckaget av kväve minskar. Den kväveinnehållande komponenten är aminosyran arginin. Arginin är basiskt och binder därför till den något sura jorden. Forskning har enligt Swetree visat att läckaget kan minskas med upp till 95 % vid regn.

Arginin är även ett av de ämnen som växterna själva använder för att lagra kväve. Detta underlättar kväveupptaget för växterna. I studier på granplantor har det visat sig att arginin-gödslet bidrar till att plantornas rotsystem utvecklas bättre jämfört med traditionellt mineralgödsel. Det ger starka, friska plantor.

Arginin-gödsel används idag framförallt inom skogsbruket i Sverige och utomlands, men potentialen för användning inom jordbruket finns. Nackdelen är att gödslet är dyrare än dagens mineralgödsel.

### **Matavfall**

När det gäller teknik för omhändertagande av matavfall för växtnäringssåtervinning erbjuds ett antal olika lösningar. Generellt kan sägas att matavfall antingen kan förbrännas, komposteras eller användas för biogasproduktion. Deponering av organiskt avfall är sedan 2005 förbjudet i Sverige.<sup>80</sup>

<sup>80</sup> Avfall Sverige (2011)

Vid förbränning erhålls visserligen energi men växtnäringsämnenen går förlorade. När det gäller kompostering kan växtnäringsämnenen återvinnas men däremot erhålls ingen energi. Biogasproduktion innebär att energi erhålls samtidigt som växtnäringsämnenen kan återvinnas.

Det finns olika metoder för att samla upp matavfallet och de skiljer sig något åt när det gäller storkök och hushåll. Metoder för storkök och hushåll kommer att beskrivas under respektive rubrik nedan. När det gäller både storkök och hushåll kan avfallet samlas in för kompostering, detta förfarande kommer dock inte att beskrivas närmare då det handlar om en teknik som redan torde vara allmänt känd för de flesta.

### **Storkök**

Matavfall från storkök kan samlas upp på olika sätt. Det kan dels samlas upp obehandlat med hjälp av ordinära insamlingskärl. En mer modern metod är att samla in matavfallet i tank med hjälp av avfallskvarnar. Fördelen med att samla in matavfallet på detta sätt är bland annat att energikrävande kylning inte behövs, vilket ofta är fallet för soprum när matavfallet samlas i kärl, för att lösa problem med odörer. Att släppa ut matavfall från avfallskvarn direkt på VA-nätet är inte tillåtet i flertalet kommuner då de stora volymerna påverkar ledningsnätet.

Fettavskiljning är obligatoriskt när det gäller storkök. Fettet innehåller även stora mängder energi och lämpar sig väl för biogasproduktion.

Disperator är ett exempel på ett företag som tagit fram en lösning för storkök där matavfallet mals ned med hjälp av avfallskvarn för att sedan samlas upp i en tank. Detta system möjliggör långtidsförvaring av matavfallet vilket innebär att avfall inte behöver hämtas lika ofta som vid traditionell matavfallshantering. Matavfallet pumpas med minimal tillsats av vatten genom rörledningssystem till en tank som kan placeras inomhus eller utomhus.<sup>81</sup>

Tillsammans med företaget Rensa Entreprenad erbjuder Disperator en annan intressant lösning för storkök, nämligen matavfallssystemet LIPIDUS. Systemet består av en matavfallskvarn och matavfallstank som kopplas till befintlig fettavskiljare. De olika delarna i systemet anpassas efter kökets förutsättningar. Systemet kan garantera att utsläppsvärden för suspenderade ämnen och fett ligger under de riktvärden som kommunen har.<sup>82</sup> Matavfallstanken kan tömmas av samma entreprenör som tömmer fettavskiljaren vilket minskar transportbehovet.

Ett annat företag som har en intressant teknik när det gäller fettavskiljare är Bioteria. Företaget har utvecklat ett system som kallas GOR BioSystem. Med hjälp av systemet som bygger på ett patenterat biologiskt reningssteg reduceras tömningsbehovet och eventuella odörer från fettavskiljaren.<sup>83</sup> GOR BioSystem kan även användas för lukthantering i återvinningsrum och på andra platser med odörer. Tekniken är mer energieffektiv än

---

<sup>81</sup> Disperator (2010)

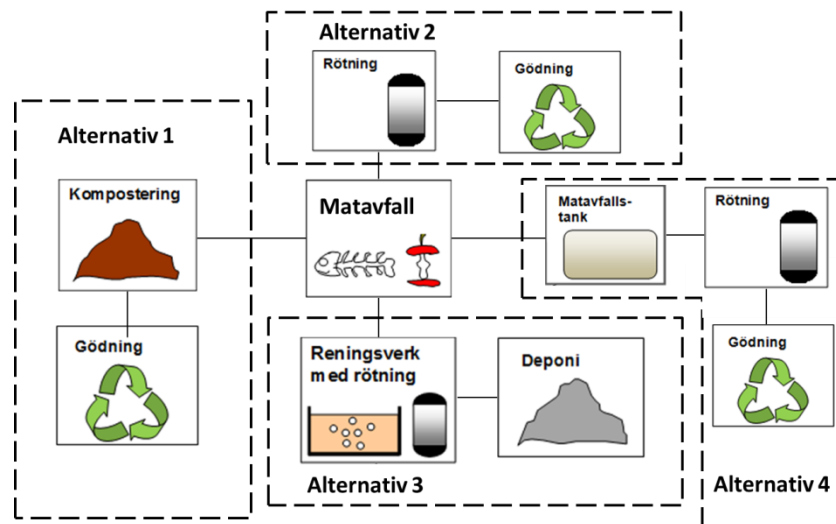
<sup>82</sup> Rensa Entreprenad

<sup>83</sup> Bioteria

konventionell kylning. En annan metod för lukthantering som är mer energieffektiv än kylning är joniseringsaggregat som bland annat erbjuds av ett företag vid namn Matseco under varumärket AirCode.

## Hushåll

När det gäller hantering av matavfall för hushåll kan denna se ut på många olika sätt. Figur 28 nedan presenterar fyra olika alternativ för omhändertagande av matavfallet. Alternativen beskrivs närmare efter figuren.



Figur 28. visar olika alternativ för återförande av växtnärsämnen från matavfall.<sup>84</sup>

Alternativ 1 innebär att matavfallet komposteras. Det komposterade avfallet kan sedan användas som växtnäring. Alternativ 2 innebär att matavfallet går direkt till en röttningsanläggning där det omvandlas till biogas. Rötresterna kan sedan användas som växtnäring. Alternativ 3 innebär att matavfallet skickas ut på VA-nätet varefter det i reningsverkets röttningsanläggning omvandlas till biogas. Rötresterna är i det här sammanhanget svårare att använda som växtnäring då de även innehåller tungmetaller från andra substanser som kommer via VA-nätet. Det fjärde alternativet innebär att matavfallet pumpas i ett nytt rör som byggs in i fastigheten till en matavfallstank. Från matavfallstanken transporteras sedan matavfallet till en röttningsanläggning. Rötresterna kan sedan användas som växtnäring. Alternativ 3 och 4 är mest positiva ur transportsynpunkt. Alternativ 3 har dock bland annat nackdelen att rötresterna inte kan tas tillvara som växtnäring. Enligt vissa uppgifter försvinner även en del av energiinnehållet under transporten i VA-nätet.

Det finns ett flertal företag som erbjuder olika typer av lösningar för matavfall. Företaget Disperator är ett exempel på ett företag som erbjuder avfallskvarnar för hushåll. Företaget Uson Marine erbjuder också avfallskvarnar och avfallslösningar för den marina miljön, dessa lösningar går dock att anpassa till landbaserade sådana.

<sup>84</sup> Bearbetad från: Systemanalys av kretsloppssystem för Norra Djurgårdsstaden, Stockholm, Urban Water

### Insamling av matavfallspåsar

En enklare metod för insamling av matavfall som är vanligt förekommande i Sverige är ett system med matavfallspåsar. Matavfallet samlas separat i en särskild papperspåse. Påsen är tillverkad av ett förstärkt papper som tål fukt. Den placeras i en ventilerad hållare av plast som ser till att fukt avdunstar snabbare och därmed minimerar dålig lukt och gör att påsen håller bättre. Påsarna slängs sedan i en separat sopbehållare som töms i samband med sophämtningen. Matavfallet går sedan till vidare behandling genom kompostering eller rötning.

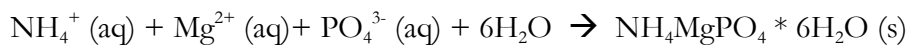
## **VA**

### **Kommunala avloppsreningsverk**

#### Utfällning till struvit

Struvit, även känt som urinsten, är en hård mineral som innehåller fosfor och kväve. Utfällning till struvit kan användas i kommunala reningsverk för att framställa en ren växtnäringsfraktion. Magnesium (t.ex.  $MgCl_2$  eller  $MgO$ ) tillsätts för att binda fosfor och kväve och fälla ut dem från lösningen. Resultatet blir ett fast kristallint material som innehåller magnesium, kväve (ammonium) och fosfor. Dessa kristaller kan sedan användas som gödsel på åkrar.<sup>85</sup>

Utfällning sker på följande sätt:



Det är viktigt att pH hålls runt 9-10. Utfällning kan då ske på 2-3 minuter. Undersökningar har visat att kemikalier och tungmetaller till största delen blir kvar i vätskefasen när utfällning görs.<sup>86</sup>

Utfällning med struvit kan återvinna 50-60 % av fosforinnehållet i avloppsvattnet.<sup>87</sup> Zeolit kan tillsättas för att fälla ut ytterligare kväve.<sup>88</sup>

Traditionellt mineralgödsel orsakar miljöproblem som en följd av att de lättlösliga näringsämnen de innehåller rinner ut i sjöar och vattendrag vid regn. Struvit utsöndrar istället fosfor och kväve långsamt medan den löses upp och minimerar därför risken för näringsläckage.<sup>89</sup>

Struvitutfällning används redan idag i full skala vid ett fåtal avloppsreningsverk runt om i världen. Tekniken har dock visat sig dyr och det gödsel som produceras kostar 5-10 gånger mer än vad mineralgödsel gör idag.<sup>90</sup>

---

<sup>85</sup> Björkman, M (2010)

<sup>86</sup> Ganrot, Z (2010)

<sup>87</sup> CIT Urban Water Management (2009)

<sup>88</sup> Ganrot et al. (2007)

<sup>89</sup> Björkman, M (2010)

<sup>90</sup> Ganrot, Z (2010)

## HTC

HTC står för High Temperature Carbonization och är en teknik som förbränner det avvattnade avloppsslammet vid hög temperatur och under syrefattiga förhållanden. Temperaturen för processen kan variera mellan 300-1000 °C. Processen drivs till stor del av de gaser som avges från avloppsslammet under processen.<sup>91</sup> Det ger upphov till ett slutmaterial med låg vikt och hög kolhalt. Fosfor och vissa andra växtnäringsämnen återfinns också i slutmaterialet.

Att behandla avloppsslam med HTC oskadliggör organiska föroreningar i slammet så som läkemedel. Problemet med tungmetaller kvarstår dock. Dessutom går kvävet förlorat i upphettningsprocessen.

Slutprodukten kan antingen användas som gödningsmedel eller som bränsle i kraftvärmeverk. Som bränsle har produkten ungefär halva energivärdet jämfört med kol.<sup>92</sup>

### **Källsortering av avloppsfraktioner uppströms**

När fosfor och kväve når avloppsreningsverken är dessa utspädda med stora mängder vatten och blandade med kemikalier och tungmetaller från industrier och dagvatten. För att underlätta återförandet av högkvalitativa växtnäringsämnen från avloppsvattnet är det därför fördelaktigt att separera de olika fraktionerna redan i fastigheterna.

#### Antal fraktioner

Källsorteringen av avloppsvattnet kan genomföras med olika metoder och indelas i ett varierande antal fraktioner beroende på ambitionsnivå. Det grundläggande är att separera urinflaktionen från övrigt avloppsvatten då den utgör en mycket liten del av den totala volymen men samtidigt innehåller större delen av fosfor och nästan allt kväve. I mer avancerade system kan även fekaliefraktionen separeras från BDT-vattnet. Fekaliefraktionen innehåller ungefär en tredjedel av den fosfor en människa konsumerar och kan dessutom användas som substrat vid biogasframställning. Totalt blir det då tre avloppsrör, ett för urinflaktionen, ett för fekalier samt ett för BDT-vatten som går till det ordinarie avloppsreningsverket. De utsorterande fraktionerna samlas upp i lagringstankar i fastigheten eller bostadsområdet. Om ett rör för uppsamling av matavfall även installeras (som föreslås i avsnittet ovan) så blir det sammanlagt fyra avloppsrör.

#### Urinsortering

Humanurin är en effektiv växtnäringsblandning som förutom fosfor och kväve även innehåller alla andra mikro- och makronäringsämnen i de proportioner som växterna behöver. Nedan följer en fördjupning i hur ett urinsorterande system kan utformas.

---

<sup>91</sup> Kim et al. (2010)

<sup>92</sup> Kim et al. (2010)

### Den urinsorterande toaletten

En urinsorterande toalett kan avskilja urin direkt i toalettstolen. Detta sker genom att toaletten är försedd med en främre skål för urin och en bakre för fekalier. Därifrån leds urinen till en sluten tank i fastigheten eller bostadsområdet. Fekaliefractionen leds via det ordinarie avloppsnätet till reningsverket eller till en separat tank om system för omhändertagande finns.

Vissa modeller av urinsorterande toaletter har gemensam spolning för främre och bakre skål. På andra kan det skötas separat. Vid separat spolning finns möjlighet till stora vattenbesparingar på upp till 80 %.

Den urinsorterande toaletten är den enda delen av systemet som användaren kommer i kontakt med. Det är därför viktigt att den fungerar väl och inte har några stora nackdelar jämfört med en traditionell toalettstol. Dagens urinsorterande modeller skiljer sig relativt lite från en traditionell stol, både när det gäller utseende och användarvänlighet. Ett problem som upplevs av vissa användare är att det blir stopp i urinledningen.<sup>93</sup> Det orsakas i de flesta fall av hår och kan enkelt avhjälpas med en rensvajer. I vissa fall kan hårda avlagringar bildas på insidan röret.



*Figur 29. Gustavsbergs urinsorterande toalett.*



*Figur 30. Den urinsorterande toaletten EcoFlush från svenska Wostman Ecology.*

---

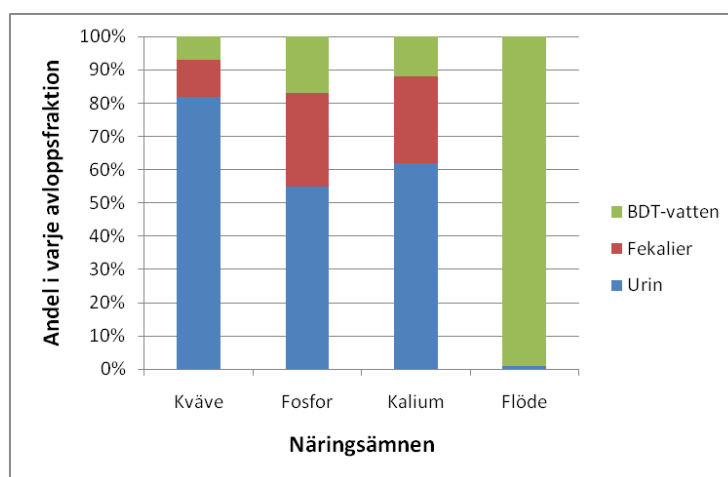
<sup>93</sup> Andersson, Y. (2008)

Som med all ny teknik så krävs det ett antal iterationer innan den optimala designen kan tas fram. Urinsorterande toaletter bör därför inte dömas ut utifrån tidigare modellers brister. Dagens moderna urinsorterande toaletter har kommit till rätta med vissa tidigare problem och kommande modeller förväntas leda till ytterligare förbättringar.

### Urinens näringsinnehåll

Trots att urinen utgör mindre än 1 % av det totala avloppsvattenflödet så innehåller den mer än hälften de näringsämnen som återfinns i avloppet. Att ta hand om urinen, snarare än det samlade avloppsvattnet, är därför en effektiv metod för återvinning av dessa näringsämnen. Humanurin har dessutom en balanserad sammansättning av kväve, fosfor och kalium som är mycket gynnsam för växter.<sup>94</sup>

Figur 31 visar hur fördelningen av de tre viktigaste näringsämnena ser ut mellan urin, fekalier och övrigt BDT-vatten. I normalt avloppsvatten av hushållskvalitet står urin för 80 % av kvävet, drygt 50 % av fosfor och 60 % av kaliumet.<sup>95,96</sup> Dessa tre ämnen är mycket viktiga näringsämnen för jordbruket. Även mineralgödsel består av just dessa tre ämnen.



Figur 31. Fördelningen av näringsämnen i olika fraktioner i avloppsvattnet. Det ska dock påpekas att diagrammet inte nödvändigtvis speglar avloppsvattnet från en bostad eftersom vi inte är hemma hela dagen och därmed även belastar andra avloppssystem.<sup>97</sup>

Tabell 21 visar halterna av näringsämnena i avloppsvattnet per person och dag. Mänsklig urin har en sammansättning av kväve, fosfor och kalium som mycket väl överensstämmer med den balans som växter kräver. Se bilaga 6 för mer detaljer.

<sup>94</sup> Kirchmann et al. (1995)

<sup>95</sup> Ganrot et al. (2007)

<sup>96</sup> Johansson et al. (1998)

<sup>97</sup> Johansson et al. (1998)

	Kväve (g/p,d)	Fosfor (g/p,d)	Kalium (g/p,d)	Flöde (L/p,d)
<b>Urin</b>	11,1	1,1	2,5	1,5-2,0
<b>Fekalier</b>	1,5	0,6	1,0	< 1,5
<b>BDT-vatten</b>	0,9	0,3	0,5	149-198
<b>Total halt</b>	13,5	2	4	150-200

Tabell 21. Visar halterna av näringsämnen och totala flöden i de olika avloppsfraktionerna uttryckt i gram per person och dag respektive liter per person och dag.<sup>98,99,100</sup>

Absoluta värden för innehållet av växtnäringsämnen i urin varierar mellan olika källor i litteraturen. Figur 32 visar ett uträknat medelvärde. Näringsinnehållet i urin förändras även mycket beroende på den individuella dieten. De redovisade värdena i Figur 32 kan dock antas gälla när urin samlas från ett stort antal användare.

Näringsämne	Halt (g/L eller kg/m <sup>3</sup> )
Kväve	7,4
Fosfor	0,8
Kalium	1,9

Figur 32. Medelvärden för växtnäringsinnehållet i humanurin.<sup>101,102,103,104,105,106,107</sup>

### Olika former av kväve

Urin är rikt på kväve. Den kemiska sammansättningen skiljer sig dock mycket beroende på hur länge vätskan har lagrats. I färsk urin utgör urea och urinsyra ca 90 % av det totala kvävet. Vid lagring bryts urea och urinsyra ned och pH-värdet ökar kraftigt.<sup>108</sup> Nedbrytningen sker med hjälp av enzymet ureas som finns i urin.<sup>109</sup>



<sup>98</sup> Ganrot et al. (2007)

<sup>99</sup> Naturvårdsverket (a) (2004)

<sup>100</sup> Johansson et al. (1998)

<sup>101</sup> Johansson et al. (1998)

<sup>102</sup> Stintzing et al. (2001)

<sup>103</sup> Nguyen et al. (2005)

<sup>104</sup> Länsstyrelsen i Stockholms län (2010)

<sup>105</sup> Naturvårdsverket (2006)

<sup>106</sup> Riksförbundet Svensk Trädgård (2005)

<sup>107</sup> Stintzing et al. (2000)

<sup>108</sup> Kirchmann et al. (1995)

<sup>109</sup> Stintzing et al. (2001)



Lagrad urin har normalt ett pH strax under 9 och 95 % av kvävet förekommer som ammonium och ammoniak.<sup>110,111</sup>

### Eliminering av läkemedelsrester

I ett urinsorterande system finns även möjligheten att lösa ytterligare ett miljöproblem. Läkemedelsrester i naturen har på senare tid uppmärksammats som ett växande hot mot miljön och vår egen hälsa. De läkemedel vi äter passerar våra kroppar utan att brytas ned och utsöndras via framförallt urinen. Avloppsvatten från hushåll och sjukhus innehåller därför ett brett spektrum av läkemedel. Våra reningsverk är inte anpassade för att rena vattnet från dessa substanser och en stor del av läkemedelsresterna rinner därför ut i miljön. Allt fler studier pekar på att läkemedel orsakar en betydande skada i naturen, i synnerhet i vattenmiljöer.

Användningen av läkemedel i Sverige ökar. Drygt tusen aktiva substanser är godkända och används varje dag. Substansernas potentiella miljöeffekter är dock inget kriterium när bedömningar görs av vilka läkemedel som får säljas på den svenska marknaden. Läkemedel är designade för att påverka den mänskliga kroppen. Det gör att de även påverkar många andra djur och organismer som delar fysiologiska funktioner med oss. I vattenmiljöer är djuren extra utsatta då de hela tiden exponeras för utspädda halter av läkemedel via sin andning. Många av de läkemedel som har positiva effekter för oss människor har visat sig vara skadliga för djur. Effekterna av att under lång tid exponeras för låga koncentrationer av ett brett spektrum av läkemedel är inte kända. Även vi människor utsätts för dessa läkemedelsrester då de återfinns i vårt dricksvatten.

### Teknik för eliminering av läkemedelsrester i samband med urinsortering

En metod för läkemedelseliminering som Teknikmarknad har erfarenhet av sedan tidigare är en kombination av ozon och fria radikaler. Både ozon och fria radikaler är mycket reaktiva och har därför en god förmåga att bryta ned komplicerade molekyler. Deras angreppssätt skiljer sig åt och de kompletterar därför varandra genom att de inriktar sig på olika typer av molekyler. På så sätt kan ett brett spektrum av läkemedel brytas ned.

Ozon genereras genom att utsätta syrgas för elektriska urladdningar. Ozonet tillsätts sedan vätskan i gasform. Fria radikaler bildas genom att ett rör, vars insida har ett ytskikt av titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ), belyses med UV-strålning. Processen kallas fotokatalys och är mycket effektiv och energisnål. Inget av systemen kräver alltså någon tillsats av kemikalier utan endast elektrisk energi.

Båda de oxiderande teknikerna kräver en relativt klar vätska med låg partikelhalt för att fungera optimalt. Därför kan reningen endast utföras på den källsorterade urinfractionen, inte hela avloppet.

---

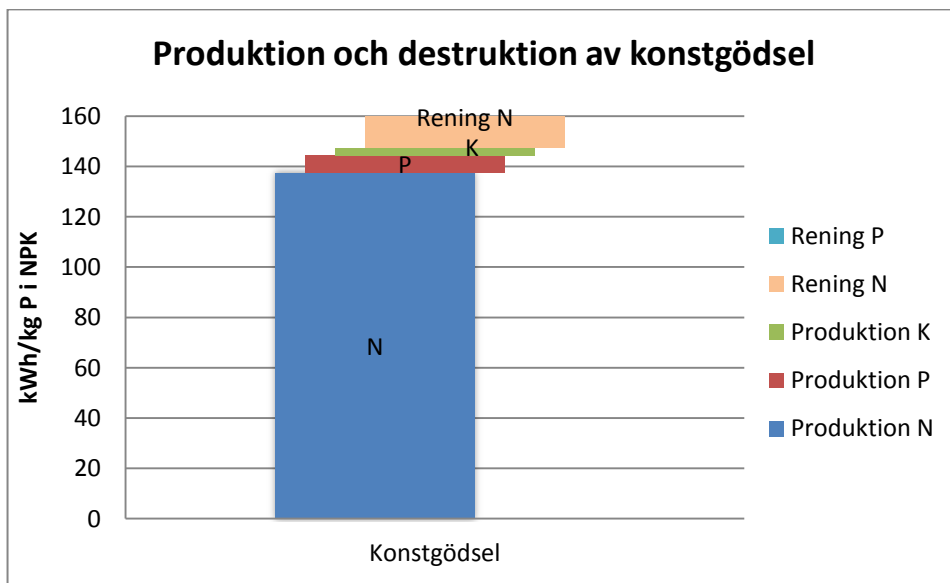
<sup>110</sup> Kirchmann et al. (1995)

<sup>111</sup> Stintzing et al. (2001)

### Energiaspekten

Urinseparering har potentialen att spara energi i jämförelse med nyframställning av fosfor- och kvävegödsel. Tillverkning av mineralgödsel är en energiintensiv process, i synnerhet framställningen av kvävegödsel. Även reningen av fosfor och kväve vid avloppsreningsverken kräver stora mängder energi.

Att processerna kring mineralgödsel är så energikrävande innebär att det finns möjlighet att spara energi genom att återvinna näringsämnen från källsorterad urin. Även det urinseparerande systemet kräver dock en viss energiinsats för pumpar, hygienisering och transport. Genom att ställa upp en enkel energibalans för de två processerna kan de jämföras sida vid sida.



Figur 33. Energiåtgången för produktion av NPK gödsel omräknat till kWh per kg fosfor. Även energikostnaden för destruktion av kväve vid reningsverket är inkluderad.

Figur 33 visar energiåtgången vid produktion av mineralgödsel. Enheten är kilowattimmar per kilogram fosfor i en normal NPK blandning med förhållandet 22:2:6 för N:P:K, d.v.s. en näringsammansättning motsvarande den för urin.

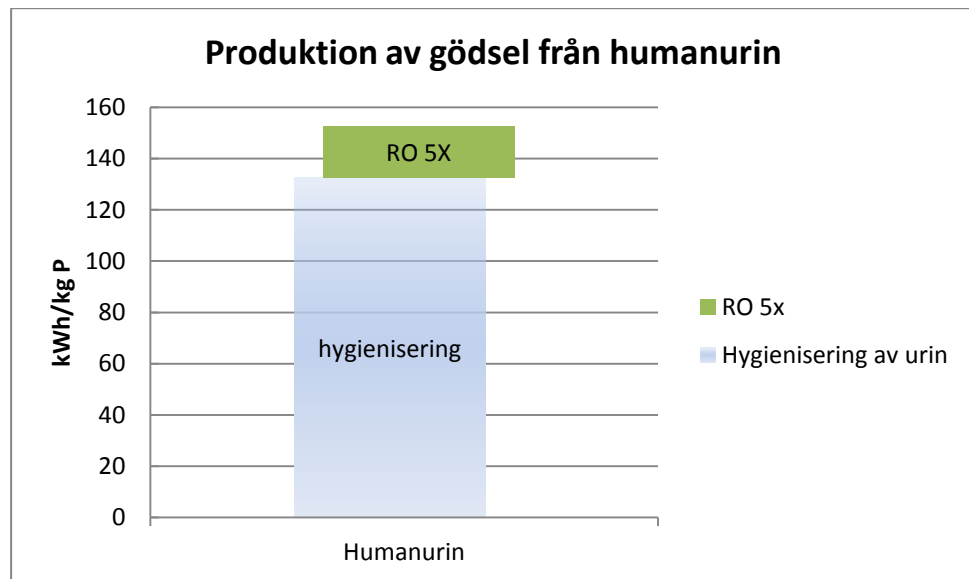
Den totala energin för framställning och destruktion av näringsämnena i NPK-mineralgödsel är alltså ca 160 kWh per kg fosfor. Det inkluderar inte energi för transporter och spridning.

För att komma upp i samma mängd näringsämnen i humanurin krävs ca 1,25 m<sup>3</sup> urin. Till den vätskemängden tillkommer ungefär lika mycket till i spolvatten. Det krävs alltså knappt 2,5 m<sup>3</sup> vätska.

För att spara energi genom återvinning av näringsämnen från separerad humanurin krävs det alltså att de processer som krävs i hanteringen och hygieniseringen av dessa 2,5 m<sup>3</sup> vätska ryms inom 160 kWh, eller drygt 53 kWh/m<sup>3</sup>.

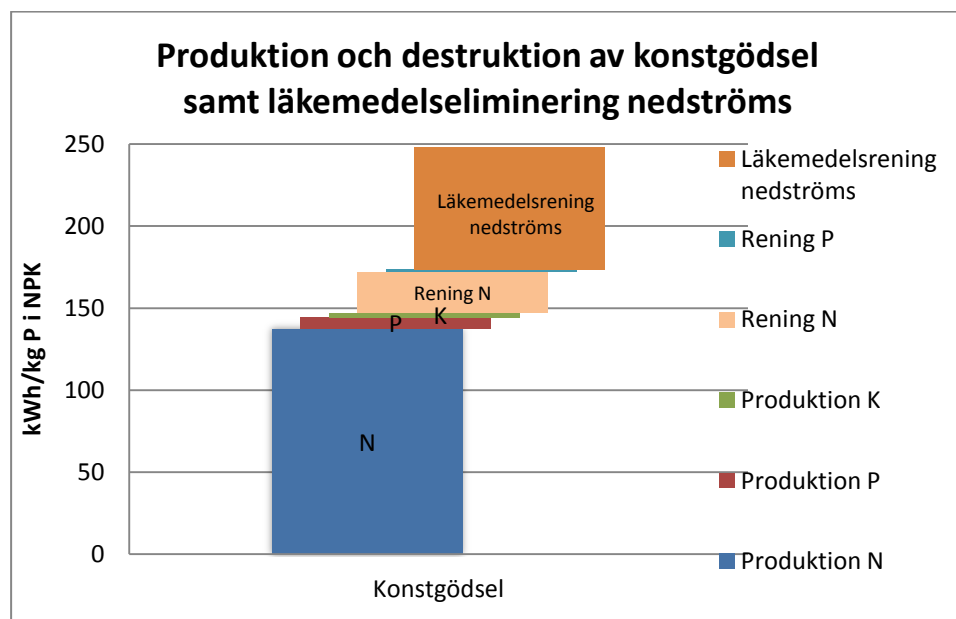
I Figur 34 presenteras en uppskattning av energiåtgången för hygienisering av humanurin. I hygienisering ingår här även eliminering av

läkemedelsrester. Om endast bakterier och andra smittoämnen ska avdödas är energiåtgången betydligt mindre.



Figur 34. Energiåtgången för koncentring och hygienisering av källseparerad humanurin. Enheten är kWh per kg fosfor.

Den stora energiåtgången kan alltså främst tillskrivas oxideringen av läkemedelsrester med ozon. Ska motsvarande rening göras nedströms så är även det mycket energikrävande.



Figur 35. Energiåtgång för produktion av NPK gödsel när även rening av läkemedelsrester nedströms inkluderas. Enheten är kWh per kg fosfor. Notera att skalan skiljer sig från Figur 33 och Figur 34.

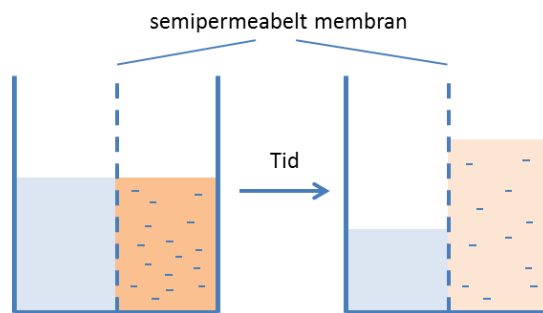
### Metoder för volymminskning

Urin består till största del av vatten, ca 90 %. Till detta tillkommer det vatten som används för att spola toaletten. Att transportera dessa stora volymer kräver onödigt mycket energi. Det är därför önskvärt att reducera mängden vatten i urin-blandningen utan att förlora en allt för stor del av näringsämnena.

## Omvänd osmos

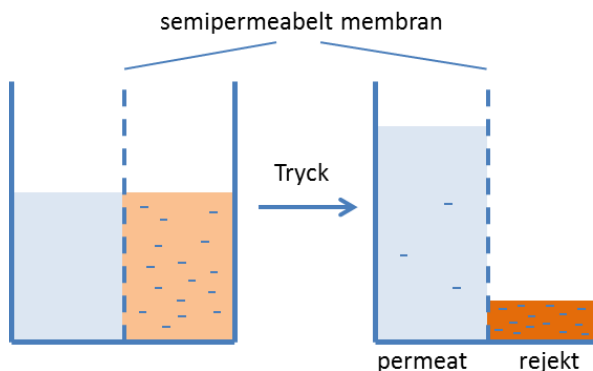
Omvänd osmos (RO – från engelskans *reverse osmosis*) är en metod som blir allt vanligare inom vattenrening. Det är en membranteknik som kan rena bort partiklar ned till atomnivå och den används bl.a. för avsaltning av havsvatten.

När en ren vätska står i kontakt med en vätska som innehåller salter via ett semipermeabelt membran kommer vatten att flöda från den rena sidan till den salthaltiga sidan i ett försök att jämna ut koncentrationerna. Salterna kan däremot inte passera membranet. Processen kallas osmos och är en vanligt förekommande process i naturliga biologiska system.



Figur 36. Principen för osmos. Det rena vattnet transporteras till den salthaltiga sidan av membranet.

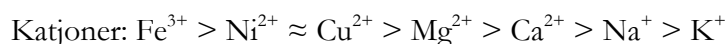
I omvänd osmos transporteras istället vatten från den salthaltiga sidan till den rena sidan av membranet. Processen går alltså i motsatt riktning mot det naturliga flödet. För att möjliggöra detta appliceras ett högt tryck som övervinner det osmotiska trycket.



Figur 37. Principen för omvänd osmos (RO). Genom att trycksätta den salthaltiga sidan kan vatten transporteras till den rena sidan. Vissa salter passerar även membranet.

Två flöden lämnar RO-enheten. Det flöde som passerar genom membranet och därmed renas från salter (och många andra ämnen) kallas permeat. Den vätska som inte passerar genom membranet kallas rejekt. Genom att öka trycket i systemet så pressas mer vatten genom membranet vilket leder till en högre koncentration av salter i rejektet.

Att öka trycket ger dock även en ökad genomträngning av näringsämnen och föroreningar till permeatet. Saltjoner har olika lätt att passera genom membranet beroende på deras storlek och laddning. Stora molekyler tenderar att stanna i rejektet.



Fosfatjonen är en stor molekyl och stannar därför i permeatet. Kvävet, som framförallt förekommer som ammonium joner, ammoniak och urea kan till viss del transporteras genom membranet.

Ett problem vid användning av RO vid avloppsreningsverk är att det ställs mycket höga krav på permeatets renhet eftersom det släpps ut direkt till recipienten. Från en fastighet med urinsortering går permeatet endast vidare till det ordinarie reningsverket. Det finns därför ingen anledning att uppnå ett hundra procentigt rent permeat då detta ändå blandas med smutsigt avloppsvatten på sin väg till reningsverket.

I den här applikationen är det istället koncentratets sammansättning som är viktig. Målet är att alla näringsämnen ska samlas i koncentratet. I tidigare försök har det visat sig att RO-tekniken är mycket effektiv för att avskilja näringsämnen

### **Urinsortering för enskilda avlopp**

Även för enskilda avlopp kan urinsortering med fördel användas. Att skilja på urin och fekalier och lagra dem i varsin slutna tank ger flera fördelar. Dels kan membran då användas för att reducera volymen på vätskan vilket gör att tanken inte behöver tömmas lika ofta. Dels erhålls en renare vätska, fri från de skadliga bakterier som fekaliefractionen innehåller. Dessutom möjliggörs eliminering av läkemedel med ovan nämnda oxidationsteknik. De slutna tankarna hindrar även växtnäringsämnena från att läcka ut i vattenmiljön.

### **Övriga lösningar för enskilda avlopp**

För enskilda avlopp används idag vanligen flerkammarbrunnar. Trekammarbrunn används vanligtvis för svartvatten (toalettvatten samt bad-, disk- och tvättvatten) och tvåkammarbrunn används vanligen för enbart bad-, disk och tvättvatten (BDT-vatten). I en trekammarbrunn urskiljs i den första kammaren de grövre partiklarna genom att de tyngre sjunker till botten samtidigt som de lättare flyter upp till ytan. Mittenlagret består av relativt klart vatten som leds vidare till nästa kammare där detta återigen densitetssorteras varefter det klara vattnet leds till den tredje kammaren. Från den tredje kammaren rinner vattnet slutligen över till en infiltrationsbädd. I infiltrationsbädden når vattnet marken där bakterier och mikroorganismer ska rena vattnet och ta upp näringsämnen som sedan förs vidare till växter.<sup>112</sup> Ett problem med denna reningsmetod är att marken kan bli mättad vilket innebär att växtnäringsämnen kan nå grundvatten och vattendrag och därmed bidra till övergödning. På vintern är den mikrobiologiska aktiviteten lägre i marken samtidigt som växtligheten inte tar upp näringsämnen, växtnäringsämnena har då lättare att passera utan att tas om hand.

---

<sup>112</sup> Ragunda Kommun

En annan metod för enskilda avlopp är att samla upp svartvattnet i en tank som sedan kan tömmas med slamsugbil varefter svartvattnet kan föras till ett avloppsreningsverk.

Det finns ett flertal företag som erbjuder olika lösningar för enskilda avlopp. Vid val av metod för enskilda avlopp är det viktigt att välja en metod som gör det möjligt att återvinna så mycket som möjligt av växtnäringssämnen såsom fosfor och kväve. Nedan beskrivs några olika nydanande metoder för enskilda avlopp.

#### Södertäljemedellen

En möjlighet som finns för att återvinna växtnäring från avloppet är att införa något som kallas för toalettsortering. Toalettsortering innebär att avloppet från toaletterna skiljs av från BDT-avloppet. Fördelen med detta är att växtnäringssämnen i fekalerna och urinen kan återvinnas utan uppblandning av kemikalier från BDT-vattnet. Denna metod används i Södertälje och har där visat upp ett lyckat resultat.

Det insamlade toalettvattnet hygieniseras genom våtkompostering. Våtkompostering är en biologisk behandlingsmetod som utnyttjar bakterier som bryter ned materialet. Metoden liknar vanlig kompostering men genomförs i flytande form vilket underlättar processen genom att pumpar kan användas och att blandningen kan hållas mer homogen med avseende på sammansättning och temperatur. Under processen genereras värme som kan användas för att avdöda farliga bakterier så som salmonella.<sup>113</sup>

Ett problem med metoden är att läkemedel och hormoner som utsöndras via urin och fekalier inte elimineras innan näringen sprids på åkermarken. Dock är jorden betydligt bättre på att bryta ner dessa ämnen än vatten eftersom jord innehåller betydligt fler mikroorganismer än vatten. En kubikmeter jord innehåller nämligen ungefär lika många mikroorganismer som en kubikkilometer vatten.<sup>114</sup>

#### Aquatron

Aquatron är ett företag som erbjuder olika lösningar för enskilda avlopp. De flesta produkter som erbjuds bygger på Aquatrons separator som efter den vanliga toalettstolen separerar vätskan (spolvatten och urin) från det fasta avfallet (fekalier och toalettpapper). Det fasta avfallet komposteras i en biokammare medan vätskan går till en slamavskiljare (tvåkammarbrunn) tillsammans med BDT-vatten från huset. Därefter går vattnet vidare till en infiltrationsbädd. Separatoren har inga rörliga delar och använder ingen energi.<sup>115</sup>

Till systemet kan kopplas olika ytterligare reningssteg för vätskan innan tvåkammarbrunnen. Antingen kopplas en UV-enhet eller en fosforfälla.

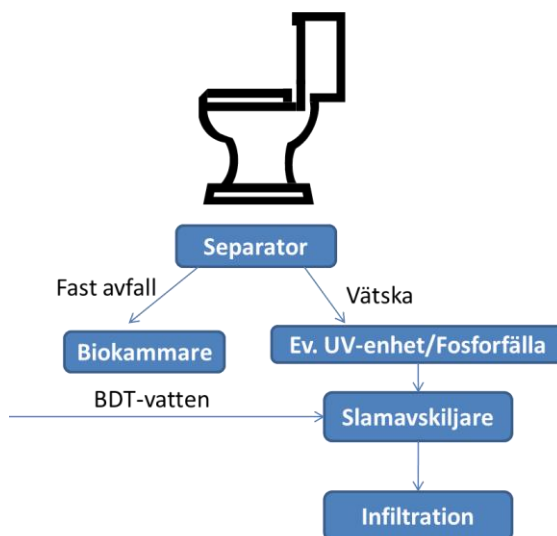
---

<sup>113</sup> Malmén, L. (2005)

<sup>114</sup> Södertäljemedellen (broschyr)

<sup>115</sup> Aquatron (a)

Fosforfällan använder Polonite för att fånga in fosfor.<sup>116</sup> Figur 38 nedan visar en flödesskiss över Aquatrons system.



Figur 38. En flödesskiss över Aquatrons system.<sup>117</sup>

Aquatron erbjuder även ett urinseparerande system för enskilda avlopp. Istället för en vanlig toalettstol används då en urinseparerande toalettstol. Urinen samlas upp i en urintank medan fekalier, toalettpapper och spolvatten separeras i separatoren och tas om hand på liknande sätt som i tidigare exempel.<sup>118</sup> Fördelen med detta system är bland annat att en större del av växtnäringen kan återvinnas samt att mindre utsläpp av växtnäringsämnen sker till naturen.

### Biotech

Polonite är en produkt framtagen av svenska Biotech AB och används som ett filtermaterial som binder upp det fosfor som passerar igenom det. Polonite framställs genom en relativt enkel process från bergarten opoka som är vanlig i Europa. Vid rening av avloppsvatten används stora bäddar av finkornig polonite (fraktionsstorlek på 2-6 mm) som vattnet får rinna igenom. Det går åt relativt stora mängder material, 1-2 kg Polonite per kubikmeter vatten. Mer än 90 % av fosfor fångas upp av materialet, men däremot så tar polonite inte vara på kväveinnehållet.<sup>119</sup> Polonite framhålls ändå som att ha en bra gödselpotential då den innehåller stora mängder kalk.<sup>120</sup>

Polonite arbetar vid ett mycket högt pH värde, ca pH 10-12. Det höga pH-värdet dödar effektivt bakterier och andra organismer. Det får även som följd att det ger det passerande vattnet samma höga pH värde vilket gör att det inte kan släppas ut utan viss försiktighet.

<sup>116</sup> Aquatron (b)

<sup>117</sup> Bearbetad från: <http://www.aquatron.se/Saa-fungerar-det.php>

<sup>118</sup> Aquatron (c)

<sup>119</sup> Renman, A (2008)

<sup>120</sup> Biotech (2010)

### Alnarp Cleanwater Technology

Företaget har tagit fram ett system för rening av avloppsvatten från enskilda avlopp. Systemet baserar sig på naturens eget sätt att rena avloppsvatten och kallas ACT Natural. Systemet bygger på två huvudsakliga steg och ett eventuellt tredje steg. I det första steget som består av två kammare behandlas det organiska materialet i två delprocesser. I den första kammaren sker en förupplösningsprocess och i den andra kammaren bryts det förupplösta avloppsvattnet ned med hjälp av en stor mängd mikroorganismer.

I det andra steget exponeras avloppsvattnet återigen för mikroorganismer men också för vattenväxter som livnar sig på växtnäringsämnen i avloppsvattnet. Vattenväxterna ger i sin tur näring till insekter, grodor och andra smådjur vilket innebär att ett naturligt kretslopp skapas och till en ökad biologisk mångfald.

Det eventuella tredje steget används i fall då det krävs ytterligare fosforreduktion. Fosfor bind då i ett särskilt filtermaterial som sedan kan användas som växtnäring.<sup>121</sup>

### Aquateq

Företaget har utvecklat en särskild teknik för tömning av trekammarbrunnar. Systemet som kallas EcoVee avvattnar slammet direkt vid brunnen. Fördelen med systemet är att vätska och mikroorganismer återförs samtidigt som brunnsvattnet syresätts vilket innebär att den naturliga reningsprocessen i brunnen förbättras. Fördelen är också att volymen slam som behöver transporteras bort minskar med 95 %. Slammet har normalt en torrsubstanshalt på 25-30 % efter behandlingen och kan användas för energiomvandling eller komposteras.

### **Dagvatten**

När det gäller återvinning av växtnäringsämnen från dagvatten kan detta vara svårt då mycket dagvatten blandas upp med tungmetaller och andra kemikalier från exempelvis fordonstrafiken. Det finns dock möjlighet att rena dagvattnet från olika föroreningar med hjälp av olika dagvattenbrunninsatser som erbjuds av ett flertal företag, exempelvis FlexiClean som använts i exempelvis Hammarby Sjöstad.

### Järven

Vid dagvattenrecipienten finns också möjlighet att bygga upp flytväggar som möjliggör sedimentering av växtnäringsämnen som sedan kan sugas upp med hjälp av densitetssortering lågflödesmuddring. Företaget Järven erbjuder flytväggar som ger upphov till att 65 % av fosfor sedimenterar samt 50 % av kvävet. Dessutom sedimenterar partikelbundna tungmetaller. Flytväggarna används bland annat av Stockholms stad.<sup>122</sup>

---

<sup>121</sup> Alnarp Cleanwater Technology

<sup>122</sup> Järven Ecotech Flexibel dagvattenrening - Med naturens hjälp (Broschyr)



## VegTech

Företaget erbjuder naturliga lösningar för dagvattenhantering. Bland annat erbjuds kanaler och dammar i stadsmiljö samt utjämningsmagasin. Rain Gardens erbjuder också vilket är en genomsläpplig växtbädd som används för infiltrering av dagvatten från närbelägna hårdgjorda ytor. Växterna i Rain Gardens klarar av såväl perioder med torka som perioder med mycket regn. Företagets lösningar finns att beskåda i bland annat Västra hamnen i Malmö.

## **Muddring**

Människans användning av bland annat mineralgödsel har bidragit till ökade utsläpp av växtnäringsämnen i vattendrag och vikar. Den ökande volymen organiskt bottensediment i grunda vikar utgör ett växande problem av flera skäl. Dels förändras det ekologiska systemet. Det tar sig uttryck i form av minskade syrenivåer nära bottenarna, igenväxning, fortplantningssvårigheter hos fisk och försämrade livsvillkor för ett flertal arter vilket leder till en minskad ekologisk mångfald i sjöar och vattendrag. Det påverkar också människan i och med att rekreationella värden går förlorade, badstränder slammas igen och i vissa fall också till minskad turism.

I dessa organiska sediment ackumuleras också fosfor och kväve i en form som är enkelt för levande organismer att ta till sig. Näringsämnena återförs sedan långsamt till vattnet vilket leder till förlängd och förstärkt algbloomning. Vissa arter av dessa alger är giftiga och kan orsaka problem för små barn som dricker eller badar i vattnet. Den höga ackumulationstakten leder också till att det under nedbrytningen av det organiska materialet bildas gas. Denna gas består till största del av metan och koldioxid. När fri gas bildas i sedimenten händer det också att den bubblar upp till ytan och bidrar med utsläpp av potenta växthusgaser till atmosfären. Insjöar beräknas bidra med lika mycket metanutsläpp som petroleumindustrin. Bubblorna leder också till en störning av sedimentet vilket medför att eventuella toxiner och tungmetaller återförs till vattnet och kan påverka djur och människor negativt.

Genom att muddra och samla in de näringsämnena som läcker till haven och har ackumulerats i sedimenten i form av organiskt material, kan man fånga samhällets växtnäringsläckage. Efter det att man har anrikat den energi som finns i sedimenten för att utvinna biogas, kan näringen i rötresterna återföras till produktiv mark. Samhällets näringsämneskretslopp blir i och med det slutet. Att ta vara på muddermassorna beräknas vara en god metod för att återföra näring, tills det att metoderna för att minska näringsämnesläckaget fungerar fullgott.

Teknikmarknad har varit med i utvecklingen av en ny hydraulisk muddringsmetod som kan sortera sedimentlager, och därmed skonsamt samla upp sediment och restaurera vikar och sjöar. Metoden har god möjlighet att samla in en stor del av de 34 000 ton fosfor som varje år läcker till Östersjön, utan att medföra de risker som konventionell muddring brottas med.

Problemet med konventionella metoder för muddring såsom grävning och mammutpumpning är partikelomrörning samt förflyttning av tungmetaller. Partiklar i vattnet stör fiskarnas andning och tungmetaller förgiftar vattnet. Med anledning av dessa problem har Teknikmarknad startat upp en förstudie vars syfte är att utveckla en muddringsmetod utan de nackdelar som förknippas med konventionell muddring. Omrörning och partikelförflyttning undviks genom att det recenta sedimentet suggs upp med ett särskilt munstycke och med ett lågt flöde. Den specifika muddringsprincipen innebär att det recenta sedimentet, med en densitet ( $\rho \approx 1,1$ ) endast cirka 10 % högre än vatten, har en större benägenhet att transporteras i laminär strömning jämfört med mineralsediment ( $\rho \approx 2,7$ ). Därtill förses sugmunstycket med omgivande munstycken som förhindrar att eventuellt uppvirvlande partiklar åker med vattenströmmarna. Avvattning av muddringsfraktionen sker med dekantercentrifug som skapar rejektvatten in situ utan partiklar.

### Utsläpp av kväveoxider

I Sverige står person- och lastbilstransporter för stora delar av kväveoxidutsläppen. Sedan 1950 har denna trafik ökat dramatiskt. Till viss del kan det förklaras med att det totalt sätt har skett en ökning av såväl persontransporter som godstransporter. Detta är dock långt ifrån hela förklaringen. Mellan 1950 och 2002 ökade persontransporter med bil 13 gånger medan övrig persontrafik endast fördubblades under samma period. Det finns mycket man kan göra för att minska biltrafiken, i synnerhet i tätorter. Åtgärder för att minska biltrafiken är stimulera gång- cykel- och kollektivtrafik genom att göra dessa färd sätt tillgängligare, komfortablare, säkrare och tryggare.

70-80 procent av bilresorna i tätorter är mindre än fyra kilometer och enligt Naturvårdsverkets bedömning kan cirka 50 procent av dessa resor föras över till gång- och cykeltrafik. Det främst cykelsatsningar som är stora, uthålliga och breda, i kombination med åtgärder för att minska bilarnas framkomlighet som gör att resor flyttas från bil till cykel. Att endast införa stimulansåtgärder för ökad cykeltrafik har förvisso effekt, dock visar Naturvårdsverkets studie att det främst är kollektivtrafikresenärer som övergår till cykel om man inte samtidigt inför åtgärder som direkt syftar till att minska biltrafiken.

Åtgärder för att stimulera cykeltrafik är till exempel bättre cykelinfrastruktur och upplysningskampanjer. Bilarnas tillgänglighet och framkomlighet kan minskas genom trängselavgifter samt höjda parkeringsavgifter i kombination med att minska tillgången på parkeringsplatser. Andra åtgärder kan vara att stimulera bilpooler och hyrbilar då dessa inte leder till lika frekvent och slentrianmässig användning av bilen.<sup>123</sup>

Viktiga faktorer för ökat kollektivtrafikresande är att resenären upplever det som tryggt, tidseffektivt och prisvärt att resa med kollektivtrafik. Exempel på åtgärder kan vara att sänka priset, öka turtätheten och öka andelen

---

<sup>123</sup> Birath et al. (2005)

direktförbindelser. En annan stimuleringsåtgärd är att öka möjligheten att ta med cykeln i kollektivtrafiken.

Det är också viktigt att ha en övergripande stadsplanering som möjliggör kollektiv-cykel- och gångtrafik. Det handlar bland annat om att inte skapa en alltför gles stadsutveckling som ofta medför att avstånden till service, rekreation, arbete och skola ökar. En sådan utveckling gör det svårare att upprätthålla en konkurrenskraftig kollektivtrafik och gång- och cykeltrafik mister sin attraktivitet. Bilen blir då ofta ett måste för att klara vardagslivet.<sup>124</sup> En annan åtgärd för att minska biltrafiken är att ha en låg parkeringsnorm vid nybyggnation och att redan från början planera för gång- cykel- och kollektivtrafik när man planerar nya bostadsområden.

---

<sup>124</sup> Kummel, L. (2006)

## 7. Scenarier för växtnäringshantering

I detta avsnitt presenteras fyra scenarier för växtnäringshantering. Scenarierna är indelade i fyra ambitionsnivåer (brons, silver, guld och platina). Inom varje nivå presenteras ett urval av de tekniska lösningar som finns beskrivna i föregående avsnitt. Varje nivå representerar ett allt mer komplett system för återföring av växtnäringsämnen. Indelningen syftar främst till att konkretisera hur olika visioner för växtnäringshantering kan se ut. I praktiken kan teknik från olika nivåer blandas med varandra och indelningen bör inte ses som begränsande. Det är även viktigt att betona att detta är framtidsscenarier, inte en gradering av kommunens lösningar i dagsläget. Om kommunen redan idag uppnår bronsnivån så kan den anses ligga i framkant i Sverige.

**Brons** - Ett grundläggande system för växtnäringsåterföring från vissa delar av samhället. Är tänkt att uppnå de miljömål som idag finns för hantering av växtnäringsämnen men inte mer än så.

**Silver** - Detta system tittar bredare och försöker täcka samtliga utflöden av växtnäringsämnen. Beprovad teknik prioriteras framför mer innovativa lösningar.

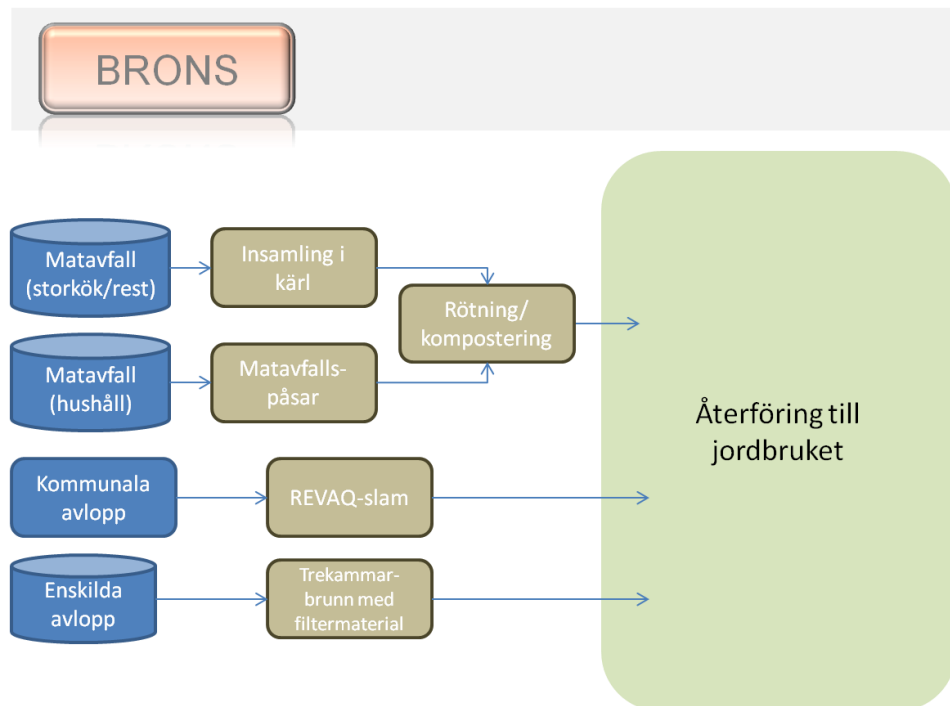
**Guld** - Ett heltäckande och långsiktigt system som siktar på att göra kommunen helt fosfor- och kvävenutral.

**Platina** - Utöver samtliga lösningar från guldnivån integreras här även smarta energilösningar som möjliggörs av näringsåtervinningstekniken.

Samtliga tekniker och lösningar som tas upp i de fyra scenarierna finns beskrivna i föregående avsnitt. Då Exempelkommunen både har en relativt stor befolkning och stor odlad areal så är det intressant att titta på lösningar för både kommunalt avfall/avlopp och jordbruk. Dessutom bör ett fokus ligga på att förbättra kommunens enskilda avlopp.

### **Brons**

Brons-nivån syftar till att ge en grundläggande återföring av växtnäringsämnen. Som kartläggningen visar finns det flera stora utflöden av fosfor och kväve. Av dessa är vissa lättare att ta till vara på än andra. Matavfallet och avloppet är väl samlade flöden som därför också lättare kan återföras till jordbruket.



Figur 39. Ett exempel på teknik som skulle uppnå Brons-nivån.

### Återföring av matavfall

Matavfall från hushållen kan på ett enkelt sätt samlas in med system för matavfallspåsar. Det kräver ingen ombyggnad av fastigheterna och kan därför snabbt införas på bred front i kommunen. Matavfallet kan med fördel användas för framställning av biogas, antingen inom kommunen eller vid den anläggning i grannkommunen som idag rötar det matavfall som samlas in från vissa restauranger och storkök i Exempelkommunen.

Insamling av matavfall kan till en relativt låg kostnad uppnå en stor återföring av fosfor och kväve. Att biogas dessutom kan produceras gör att insamling av matavfall bör betecknas som en mycket effektiv åtgärd.

### Återföring av avloppsfraktioner

Det slam som bildas vid de kommunala avloppsreningsverken återförs idag inte till åkermark. Återföring av avloppsslam är en enkel metod att återföra stora delar av den fosfor som avloppsvattnet innehåller. Dock går 90 % av kvävet förlorat. Återföring av avloppsslam är inte heller en långsiktig lösning då slammets innehåller en stor mängd kemikalier och tungmetaller som inte bör läggas på åkermark. Genom att begränsa möjligheten för smutsiga industrier att släppa ut vatten till avloppet, begränsa mängden läkemedel och andra kemikalier som spolas ned i avloppet samt att inte leda dagvatten till reningsverket kan slammets kvalitet förbättras. REVAQ är ett certifieringssystem som syftar till att kvalitetssäkra reningsverkens arbete med att återföra slam till jordbruket och som har ett stort fokus på åtgärder uppströms. Om slammets kvalitet på detta sätt kan förbättras så kan det utgöra en tillfällig lösning medan mer ambitiösa system byggs upp.

Ur ett kostnadsperspektiv är återföring av avloppsslam en effektiv lösning då slammets bildas som ett led i den ordinarie reningsprocessen. För att möjliggöra spridning på åker krävs endast extra åtgärder i form av

hygienisering samt det arbete som görs för att förbättra slammets kvalitet genom åtgärder uppströms. Spridning av REVAQ-slam återför alltså stora mängder fosfor och en viss mängd kväve till en mycket begränsad kostnad och energiinsats.

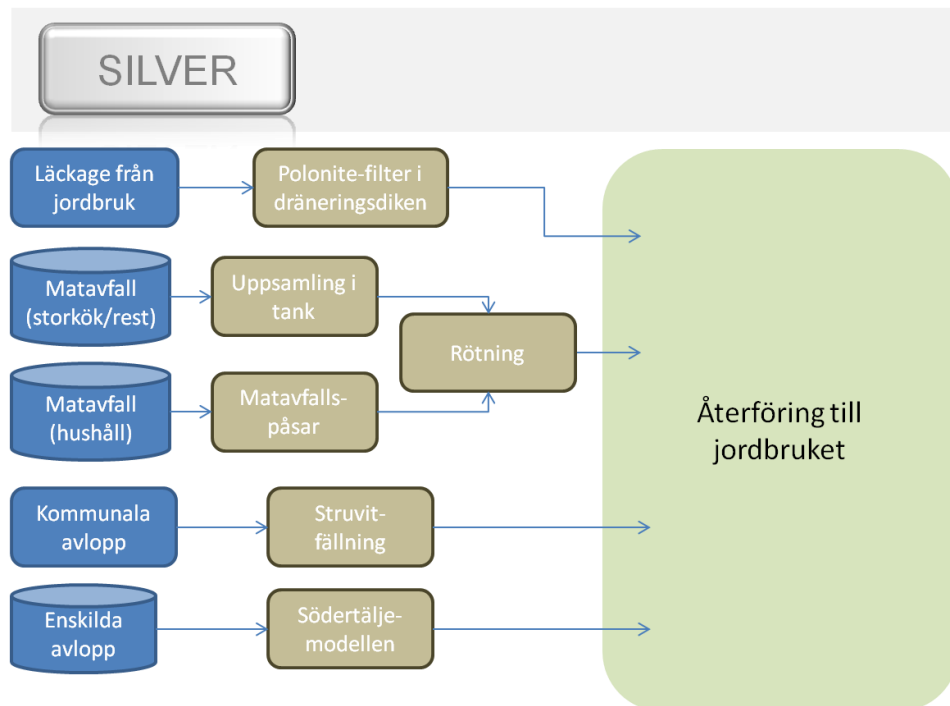
### **Enskilda avlopp**

För enskilda avlopp kan utsläppen av växtnäringsämnen reduceras genom att låta utflödet från trekammarbrunnen passera genom ett filtermaterial som har förmågan att adsorbera växtnäringsämnen. Polonite är ett exempel på ett sådant material som beskrivs i teknikdelen. Polonite fångar upp växtnäringsämnen och binder dem till sig. Polonite är kalkbaserat och kan därför spridas på åker när materialet är mättat. Även växtnäringsämnena återförs då till åkern. Polonite tillverkas dock av bergarten opoka som inte finns tillgänglig att bryta i Sverige. De långa transportererna tillsammans med den värmeenergi som går åt för att aktivera materialet gör att polonite inte är en hållbar lösning på lång sikt. På kort sikt kan det dock vara en effektiv lösning för att förhindra vissa punktutsläpp. I Exempelkommunen, där enskilda avlopp står för en betydande del av fosforläckaget, kan polonite användas som filter i befintliga avloppssystem för att snabbt förhindra läckage och samtidigt återföra växtnäringsämnen till jordbruksmark i väntan på att mer hållbara system kan konstrueras.

För en privatperson uppskattas materialkostnaden för ett polonite-filter till knappt 10-20 kr per renad kubikmeter vatten. Utöver detta tillkommer arbetskostnad för att byta filtret. Effekten med avseende på fosfor är god, mer än 90 % stannar i filtret. För kväve sker dock ingen betydande reduktion.

### **Silver**

Ambitionsnivån silver ökar delvis mängden av återförda växtnäringsämnen jämfört med brons-nivån, men framförallt sker återföringen på ett bättre och mer hållbart sätt.



Figur 40. Ett exempel på teknik som skulle uppnå Silver-nivån.

### Reduktion av jordbrukets läckage

Genom att använda fosforfällor av polonite kan läckaget från jordbruksmark minska. Filter innehållande polonite placeras i dräneringsdiken och kan på så sätt fånga upp en stor del av de växtnäringsämnen som annars skulle bidragit till övergödningen av vattenmiljön. Det förbrukade filtermaterialet kan sedan med fördel användas som ett jordförbättringsmedel.

För att metoden ska bli så kostnadseffektiv som möjligt är det viktigt att identifiera vattendrag eller dräneringsdiken med en hög koncentration av växtnäringsämnen.

### Återföring av matavfall

Precis som på bronsnivån så sker uppsamlingen från hushåll med hjälp av systemet med matavfallspåsar. För att engagera så många hushåll som möjligt och samtidigt erhålla en ren avfallsfraktion är det viktigt med information till de boende om varför sorteringen är viktig och hur den ska utföras. Insamlingssystemet bör dock vara frivilligt, detta för att säkerställa att matavfallet håller en hög kvalitet. Genom att koppla insamlingen av matavfall till en reducerad kostnad för sophämtning kan många hushåll motiveras att sortera ut matrester.

På restauranger och storkök finns det lösningar som underlättar hanteringen av matavfall ytterligare. Uppsamlingen kan där ske med speciella matavfallskvarnar som med minimal vattentillsatts mal ned matresterna och samlar det i separata tankar. Detta minimerar luktproblem och eliminerar behovet av kylda rum för förvaring av matavfall.

Biogas framställs från matavfallet genom rötning. Därmed utvinns även energi från matavfallet innan det används som gödsel.

## **Återföring från avlopp**

För att undvika problemen med återföring av förorenat avloppsslam kan en metod med struvitutfällning användas. Både fosfor och kväve fällt ut från avloppsvattnet genom tillsatts av magnesiumoxid. Den struvit som då bildas sedimenteras som ett pulver som sedan kan användas som gödsel. Jämfört med slammet från reningsverken och andra avloppsfraktioner innehåller struvit en mycket hög koncentration av växtnäringsämnen. Struvit kan därför liknas vid konstgödsel, både till utseende och till näringsinnehåll. Detta medför minskade transporter och underlättar för jordbrukare som kan använda nuvarande spridningsutrustning.

Struvitfällning används idag i full skala vid ett fåtal avloppsreningsverk i Europa. Kostnaden för det gödsel som produceras är 5-10 gånger högre än för mineralgödsel. Den höga kostnaden gör att tekniken framförallt är intressant då ett mycket rent och högkvalitativt gödsel efterfrågas.

## **Enskilda avlopp**

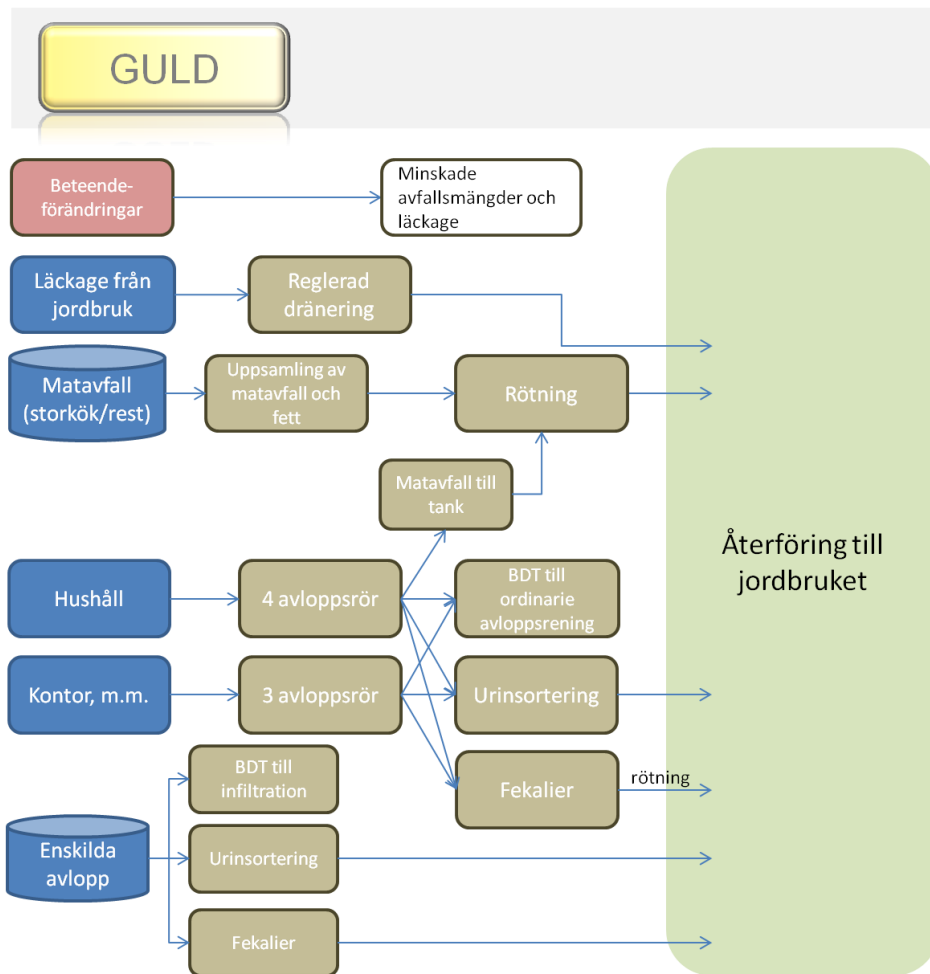
Från enskilda avlopp kan återföring ske genom den så kallade Södertäljemodellen (se föregående avsnitt). Genom att toalettfraktionen avskiljs från BDT-vattnet och samlas upp i en sluten tank minimeras utsläppen av växtnäringsämnen till vattenmiljön samtidigt som återföring kan ske till jordbruket. Metoden har som målsättning att vara ett kostnadseffektivt alternativ till dagens lösningar för enskilda avlopp. Kostanden är dock något högre jämfört med traditionella system då det använder sig av vakuum för transport av toalettfraktionen och därmed måste ha toalettstolar anpassade för detta. Det krävs även en investering i en våtkomposteringsanläggning hos en lokal jordbrukare som sedan ska sprida restprodukten som gödsel.

Då metoden inte kräver byte av filtermaterial eller tillsats av andra kemikalier är den hållbar på lång sikt. Här bör dock hänsyn tas till att antibiotikaresistenta bakterier kan uppstå då antibiotika som finns i toalettavloppet blandas med stora mängder bakterier i fekalier och komposteringsprocessen. Detta är ett nyligen uppmärksammat problem som kan komma att hamna i fokus inom växtnäringsåterföringsdebatten i framtiden. Ett urval till fördel för resistenta bakterier sker dock till viss del även i dagens hantering av enskilda avlopp. Södertäljemodellen är därför ändå ett steg mot ett mer hållbart samhälle.

## **Guld**

Guld-nivån motsvarar ett ambitiöst system som ökar återföringen av framförallt kväve markant. Inom jordbruket kan reglerad dränering användas för att minska läckaget. För hushållen introduceras ett system med fyra avloppsrör för att sortera de olika fraktionerna redan vid källan.





Figur 41. Ett exempel på teknik som skulle uppnå Guld-nivå.

### Jordbruk med reglerad dränering

Reglerad dränering kan införas som en åtgärd för att minska läckaget av växtnäringsämnen från jordbruket. Tekniken leder även till bättre vattentillgång för grödorna och ett minskat behov av att köpa in mineralgödsel för jordbrukaren. Tekniken finns beskriven i teknikdelen. Den kan även kombineras med polonite-filtret från silver-nivån.

Kostnaden för att anlägga reglerad dränering har tidigare uppskattats till 15 000 kr/ha.<sup>125</sup> Om reglerad dränering införs i samband med att ett normalt dräneringssystem anläggs eller byts ut är kostnaden endast marginell. Läcket av växtnäringsämnen kan då minskas till omkring hälften. Samtidigt är reglerad dränering fördelaktigt för grödorna vilket leder till ökade skördar och större inkomster. Dessutom minskar behovet av gödsling. Reglerad dränering är dock inte lämplig för alla åkrar, se teknikkartläggningen.

### Fyra avloppsrör

Genom att inte blanda avloppsfractionerna med varandra underlättas återvinningen av växtnäringsämnen. Matavfallet mals ned i en matavfallskvavn och transporteras i rör till en sluten tank i fastigheten.

<sup>125</sup> Christensen, B. (2005)

Toalettvattnet delas upp i två fraktioner med hjälp av urinsorterande toaletter. Urinen, som innehåller majoriteten av växtnäringsämnen leds till en särskild tank i huset där dess volym reduceras och hygienisering sker. Fekaliefractionen kan antingen samlas upp i separat tank (om vakuumpoletter används) eller ledas till det ordinarie avloppsnätet. BDT-vatten leds i ett separat avloppsrör till det ordinarie avloppsnätet.

Systemet med fyra avloppsrör underlättar för användaren samtidigt som flera rena och växtnäringsrika avloppsfraktioner erhålls. I synnerhet ökar återföringen av kväve som i vanliga fall är svårt att återvinna efter att urinen har blandats med övrigt avloppsvatten. Då kvävegödsel är mycket energikrävande att framställa kan ett urinsorterande system ge en betydande energibesparing. Att sortera ut dessa avloppsfraktioner redan i fastigheten minskar även belastningen på kommunala reningsverk och utsläppen till vattenmiljön.

Ombyggnad av befintliga fastigheter till system med flera avloppsrör är mycket dyrt och därför inte rimligt att genomföra på bred front i samhället. Vid nybyggnation är situationen annorlunda. Den extra rördragningen beräknas då inte stå för en betydande merkostnad. Det som tillkommer är pumpar, tankar för uppsamling och system för hygienisering och hämtning. Även vid stambyten är det möjligt att införa ett system med fyra avloppsrör. I kontorsfastigheter, där mycket lite matavfall uppstår, är tre rör tillräckligt.

En omställning till fyra avloppsrör måste ske gradvis under lång tid. Hastigheten med vilken det kan ske beror till stor del på politiska ambitioner samt hur lyckade de projekt där urinsorterande system idag byggs in i fastigheter blir. En uppskattning är att det kommer dröja 50-100 år innan de flesta fastigheter har system med fyra avloppsrör.

Fyra avloppsrör möjliggör en mycket god återvinning av samtliga utflöden från hushållet med undantag för BDT-vattnet som fortfarande går till det ordinarie reningsverket. Tillsammans utgör matavfall, urin och fekalier 93 % av hushållens utflöde av växtnäringsämnen. Om system med fyra avloppsrör införs i samtliga fastigheter på lång sikt skulle samhällets kretsloppsförluster av fosfor och kväve kunna minskas till nära noll. Det stora läckage som då kvarstår är de diffusa läckagen från jord- och skogsbruk.

### **Enskilda avlopp**

Även för enskilda avlopp kan ett liknande system med separerade avloppsrör användas. Urin och fekalier skiljs åt och lagras i varsin tank. BDT-vatten behandlas för sig i en infiltrationsbädd eller motsvarande. Eftersom BDT-vattnet endast innehåller en bråkdel av den totala mängden växtnäringsämnen i avloppet kan en infiltrationsbädd hantera detta utan problem. Matavfallet kan med fördel komposteras och användas som gödsel i den egna trädgården.

Att inte blanda urin- och fekaliefractionerna är fördelaktigt då urinen utgör en mycket ren form av växtnäring, medan fekalier innehåller en del tungmetaller och stora mängder bakterier. Fekaliefractionen är dessutom mycket mindre jämfört med urinfractionen.

## **Storkök och restauranger**

För storkök och restauranger kan ett gemensamt system för uppsamling av matavfall och avskilt fett installeras. Genom att samla både matavfallet och fett i ett system som kan tömmas vid samma tillfälle minskar transporterna samtidigt som biogaspotentialen och växtnäringsåterföringen maximeras.

## **Beteendeförändringar**

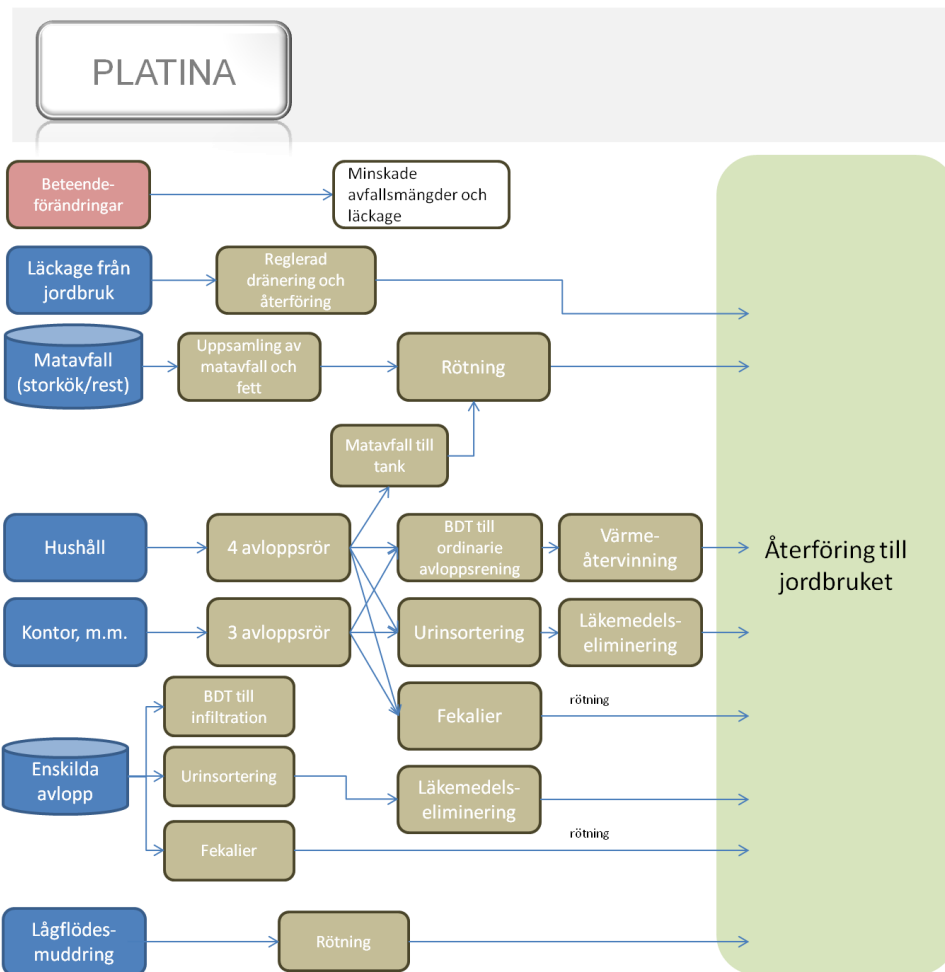
Flödet av växtnäringsämnen kan även påverkas av livsstils- och beteendeförändringar. Över hälften av all den mat som slängs i hushållen är onödigt avfall som hade kunnat undvikas. Genom att öka hushållens medvetenhet om problemet kan denna andel förhoppnings minskas.

Även dieten påverkar flödet av fosfor och kväve. En diet som innehåller stora mängder kött ökar flödet av växtnäringsämnen i samhället. Dels innehåller kött och andra mejeriprodukter mer fosfor och kväve jämfört med många vegetabiliska livsmedel. Dessutom åtgår stora mängder foder när djuren föds upp vilket ökar användningen av konstgödsel. Även om en stor del av de växtnäringsämnen djuren får i sig återanvänds som stallgödsel så sker alltid ett visst oundvikligt spill och läckage. Att försöka påverka individens beteende när det gäller val av mat är dock känsligt och kanske inget en kommun bör ägna sig åt. Kommunen kan däremot öka möjligheten för invånarna att göra aktiva val. Genom att i större utsträckning erbjuda vegetariska alternativ i kommunala kök (skolor, dagis, äldreboenden m.m.) kan fler lockas till att äta vegetariskt och barn kan vänja sig vid att ibland välja bort kött redan vid tidig ålder. Även information kring matens påverkan på miljön kan leda till att många människor till viss del förändrar sina matvanor.

## **Platina**

Guld-nivån återvinner effektivt växtnäringsämnen från de stora punktutsläppen i samhället. Samtidigt finns det många diffusa utsläpp från exempelvis jordbruket som medför att det aldrig går att uppnå en hundra procentig återföring av växtnäringsämnen. Platina-nivån introducerar därför en metod för återföring av de växtnäringsämnen som läckt ut i vattenmiljön genom att sediment från sjöar och vikar används som jordförbättringsmedel.

Implementering av ett källsorterande avloppssystem i fastigheter möjliggör även andra intressanta lösningar där som inte har en direkt koppling till växtnäringsämnen som återvinning av energi och eliminering av läkemedelsrester i avloppet.



Figur 42. Exempel på teknik som kan uppnå Platina-nivå.

## Värmeåtervinning

Det separerade BDT-vattnet håller en relativt hög temperatur och det är därför intressant med värmeåtervinning. Genom att värmeväxla det utgående BDT-vattnet med inkommande vatten kan kallvattnet förvärmas innan det når cirkulationssystemets värmeväxlare. Det leder till sänkt energiförbrukning för uppvärmning av varmvatten. Systemet leder inte till ökad återvinning av växtnäringsämnen men möjliggörs av det sorterande avloppssystemet. Värmen i BDT-vattnet skulle även kunna användas till att koncentrera den separerade urinfraktionen vilket minskar behovet av transporter.

## Eliminering av läkemedelsrester

Problemet med läkemedelsrester i naturen har uppmärksamats allt mer på senare tid. Även om halterna i Sverige än så länge är relativt låga kan negativa effekter redan uppmätas på vattenlevande djur. Dessutom har det visats att utvecklingen av resistent bakterier gynnas redan vid låga koncentrationer. Att minska läkemedelsutsläppen är med andra ord viktigt både för vår egen hälsa och för naturen. Läkemedel lämnar ofta kroppen utan att brytas ned och hamnar i avloppsvattnet. De utsöndras framförallt via urin men även till viss del via fekalier. Dagens reningsverk fångar endast upp en liten del av läkemedelssubstanserna och utsläppet till vattenmiljön är

därför stort. I avloppsledningarna på vägen till reningsverket uppstår dessutom resistenta bakterier.

Om ett urinsorterande system används som en del av återvinningsystemet för växtnäring finns möjligheten att eliminera läkemedelsrester innan de når avloppet och vattenmiljön. Det sker genom att den insamlade urinfractionen oxideras med hjälp av ozon och/eller fria radikaler. Tekniken beskrivs i mer detalj i teknikkartläggningen.

### **Återföring av sediment**

De näringsämnen som läcker ut i vattenmiljön hamnar så småningom till stora delar i sedimentet. I sjöar och havsvikar utgör sedimentet ett växande problem. Genom att använda den lågflödesmetod för muddring som beskrivs i teknikdelen kan ekologin i dessa miljöer återställas samtidigt som fosfor och kväve i sedimentet kan återföras till åkrar. Näringsrika sediment kan dessutom användas för att producera biogas innan spridning på åker.

Genom att fosfor och kväve återförs från vattenmiljön till åkermark är det möjligt att kompensera för de läckage som är svåra att åtgärda på andra sätt. På så sätt kan en helt fosfor- och kvävenutral kommun uppnås.

Det ska dock poängteras att metoden med lågflödesmuddring inte finns tillgänglig idag utan just nu befinner sig i utvecklingsstadiet. Huvudsyftet med muddringen är att återställa miljön i de vikar som täckts av tjocka sedimentlager. Sett ur enbart ett växtnäringsperspektiv är återföring av dessa muddringsmassor en mycket dyr metod och inte en lösning som bör ersätta andra insatser för ökat växtnäringskretslopp. Sett till helheten, då muddringsmassorna endast är en biprodukt från processen att återställa miljön i naturvikar, kan återföring av dessa vara ett bra och kostnadseffektivt växtnäringsstillskott.



## 8. Diskussion

De stora kretslopps förlusterna i Exempelkommunen är matavfall som går till sopförbränning och avloppsvatten som renas i avloppsreningsverk utan att växtnäringssämnen återförs till produktiv mark.

Matavfallet från hushåll och restauranger är det flöde som enklast skulle kunna börja återvinnas. Införandet av ett sorteringsystem där matavfallet slängs i separata papperspåsar som sedan rötas till biogas och biomull kräver ingen ombyggnad av fastigheter och heller ingen större beteendeförändring hos invånarna. Dessutom finns ett system redan på plats i kommunen för vissa restauranger och storkök. Att utvidga detta till att även inkludera hushållen vore den lättaste och mest effektiva åtgärden.

Den andra stora potentialen för återvinning finns vid avloppsreningsverket. Återföring av avloppsslam är kontroversiellt och ingen långsiktig lösning. Återföring till produktiv mark vore visserligen positivt ur växtnäringssynpunkt då det leder till att en stor mängd fosfor och även en viss mängd kväve återinförs i kretsloppet. Samtidigt kan återföring av avloppsslam på sikt leda till förhöjda halter av miljö- och hälsofarliga ämnen på åkrarna. En annan problematik som nyligen har uppdagats inom avloppshantering är risken att antibiotikaresistenta bakterier uppstår, även vid mycket låga halter av antibiotika i avloppsvattnet.<sup>126,127</sup> Denna risk gäller inte bara vid traditionella avloppssystem och slamhantering utan gäller även övriga lösningar som blandar antibiotikainnehållande fraktioner (urin och fekalier) med bakterier. Bakterier finns bland annat i fekalier, avloppsreningsverk och rötnings- och komposteringsprocesser. När Sveriges kommuner nu siktar på att öka användandet av blandade toalettfraktioner som gödsel i syfte att uppnå regeringens miljömål gällande återföring av fosfor finns det en risk att utvecklingen av resistenta bakterier accelereras. Teknikmarknad vill därför framhålla alternativa lösningar till återföring av slam och övriga lösningar där fraktionerna blandas.

Allt mer pekar istället på att en uppdelning av avloppsfraktionerna i framtiden kommer att ske redan i fastigheten. Genom att källsortera urin, fekalier, matavfall och BDT-vatten med hjälp av separata rör kan de rena och växtnäringssinnehållande fraktionerna återföras till jordbruket på ett mer kontrollerat sätt. Införandet av denna typ av sorterande avloppssystem kommer att pågå under en lång tid, men det är viktigt att redan nu skaffa sig erfarenhet och kunskap om systemen. Exempelkommunen kan därför se över möjligheten att ställa krav på exempelvis urinsorterande system vid nybyggnationer. Kommunen bör också ställa krav på byggnader där det finns en överrepresentation av läkemedelsanvändning, exempelvis i äldreboenden. Ett system där avloppsfraktionerna sorteras ut redan i fastigheten ger inte bara en ökad återvinning av växtnäringssämnen, det minskar även belastningen på reningsverken och läckaget av fosfor och kväve till miljön. Dessutom finns möjligheten att eliminera läkemedelsrester i den separerade urinflaktionen.

---

<sup>126</sup> Liu et al. (2011)

<sup>127</sup> Gullberg et al. (2011)

Enskilda avlopp utgör endast en liten del av det totala flödet, men en relativt stor del av läckaget till vattenmiljöer. Det gäller särskilt fosfor och beror på att de typer av reningssystem som är vanliga för enskilda avlopp inte ger en tillräckligt god rening. Det finns ett antal lösningar som använder sig utav slutna tankar som helt kan eliminera läckagen från de enskilda avloppen. Problemet ligger i att införa dessa då systemet måste finansieras av varje enskild husägare som i många fall nyligen har gjort en stor investering i infiltrationsbädd eller liknande system. Inom ramen för det nationella växtnäringprojektet tittar Teknikmarknad nu på möjligheten att i samarbete med intresserade kommuner ta fram en gemensam och kostnadseffektiv plattform för enskilda avlopp.

Ett annat stort utsläpp av kväve från kommunen sker i form av kväveoxider som bildas vid förbränningsprocesser i bilar, lastbilar och andra typer av fordon. Eftersom kväveoxiderna uppstår ur luften som en biprodukt vid förbränningen så är detta dock inget problem ur ett kretsloppsperspektiv. Det har dock negativa miljöeffekter i form av försurning och övergödning, i synnerhet när nedfallet av kväve sker direkt i vattenmiljöer.



## 9. Slutsatser

Följande slutsatser kan dras av förstudien:

- Växtnäringsämnen är framtida bristvaror och kretsloppsförluster av fosfor och kväve bör därför undvikas.
- Kretsloppsförlusterna av fosfor är stora jämfört med de läckage till vattenmiljöer som tidigare åtgärder framförallt har fokuserat på.
- Teknik finns tillgänglig, både för att ytterligare minska läckaget och för att öka återföringen av växtnäringsämnen till jordbruket.
- Det är viktigt att säkerställa att vald teknik för återföring av växtnäringsämnen inte medför negativa bieffekter så som tillförsel av tungmetaller till jordbruksmark eller uppkomst av antibiotikaresistenta bakterier.
- Beteendeförändringar kan både minska användandet och utsläppen av växtnäringsämnen.
- Att uppnå ett komplett kretslopp av växtnäringsämnen är en tidskrävande process. Omställningen bör därför inledas i god tid. Om kommunen redan nu ser över de möjligheter som finns att tillgå så finns det gott om tid att införa den teknik som krävs.

## 10. Nästa steg

Nästa steg i det nationella samarbetet kring växtnäringsämnen är att starta upp ett pilotprojekt i syfte att implementera några av de tekniker och åtgärder som föreslås i denna förstudie. Där kommer även modeller för kommersialisering av återvunna växtnäringsfraktioner att belysas samt möjligheten att skapa starka exportprodukter. Planen är att påbörja pilotprojektet under 2012.

Samtliga deltagare i förstudien kommer att bjudas in till ett seminarium för vidare diskussion om vilka tekniker som kan vara lämpliga att implementera samt hur det hela kan lösas finansiellt. Vi samarbetar med berörda myndigheter för att lösa finansieringsfrågan och målsättningen är att pilotprojektet i så hög utsträckning som möjligt ska finansieras med statliga medel. Har ni inte möjlighet att närvara på seminariet går det givetvis också bra att föra diskussionerna via e-post och telefon.

Teknikmarknad hjälper även gärna till att svara på fördjupade frågor kring de tekniker som presenteras i förstudien samt övriga funderingar kring växtnäringsämnen. Vår målsättning är att göra det så enkelt som möjligt för kommunerna att göra medvetna miljöval.

## Källhänvisning

- Ahlgren, U. (2007) *Skogsbrukets belastning på havet liten*, Artikel på [www.slu.se](http://www.slu.se), Tillgänglig på: <http://www.slu.se/sv/samverkan/kunskapsbank/2007/12/skogsbrukets-belastning-pa-havet-liten/>
- Ahlgren et al. (2010) *Nitrogen fertiliser production based on biogas - energy input, environmental impact and land use*, Ahlgren, S., Bernesson, S., Nordberg, K., Hansson, P.A., SLU, Tillgänglig på: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20435469>
- Alnarp Cleanwater Technology, *Teknisk beskrivning av ACT Natural*, Alnarps webbplats, Tillgänglig på: <http://www.alnarpcleanwater.se/ACTverifieringTekniskt.htm>
- Andersson et al. (2005) *Behandling av svartvatten och matavfall med anaerob membranbioreaktor och omvänd osmos*, Andersson, K., Castor, M., AP/Lunds Tekniska Högskola, Tillgänglig på: [http://www.stockholmvatten.se/commondata/rapporter/avlopp/Processer/R22\\_2005\\_Karoline\\_Andersson\\_Marie\\_Castor.pdf](http://www.stockholmvatten.se/commondata/rapporter/avlopp/Processer/R22_2005_Karoline_Andersson_Marie_Castor.pdf)
- Andersson, Y (2008) *Utvärdering av urinsortering och torrtoaletter i Tanums kommun*, Länsstyrelsen i Västra Götalands län, vattenvårdsenheten, rapport 2008:88, Tillgänglig på: [http://husagare.avloppsguiden.se/attachments/download/39/urinsortering\\_tanum\\_2008\\_88.pdf](http://husagare.avloppsguiden.se/attachments/download/39/urinsortering_tanum_2008_88.pdf)
- Aquatron (a), *Så här fungerar en riktig miljötoalett*, Aquatrons webbplats, Tillgänglig på: <http://www.aquatron.se/Saa-fungerar-det.php>
- Aquatron (b), *Fosforfälla för att klara de högsta miljökraven i ert enskilda avlopp!*, Aquatrons webbplats, Tillgänglig på: <http://www.aquatron.se/Fosforfaella.php>
- Aquatron (c), *Urinseparering + Aquatron = Miljötoalett*, Aquatrons webbplats, Tillgänglig på: <http://www.aquatron.se/Urinseparering.php>
- Archer, D. (2011) *Energi- och näringsåtervinning ur enskilt avlopp*, Institutionen för Bygg och Miljöteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Tillgänglig på: <http://iloapp.emulsionen.org/blog/twowheelssouth?ShowFile&doc=1315755711.pdf>
- Avfall Sverige (2010) *Svensk avfallshantering 2010*, Tillgänglig på: [http://www.avfallsverige.se/fileadmin/uploads/Rapporter/SAH2010\\_WEB.pdf](http://www.avfallsverige.se/fileadmin/uploads/Rapporter/SAH2010_WEB.pdf)
- Avfall Sverige (2011) *Deponering en liten men viktig del av verksamheten*, Hedenstedt, A., Avfall Sveriges webbplats, Tillgänglig på: <http://www.avfallsverige.se/avfallshantering/deponering/>

- Biotech (2010) *Polonite®*, Informationsbroschyr från Biotech, tillverkaren av polonite, Tillgänglig på:  
[http://www.biotech.se/dokumentarkiv/allt\\_om\\_polonite.pdf](http://www.biotech.se/dokumentarkiv/allt_om_polonite.pdf)  
hämtad: 2010-10-11
- Bioteria, *GOR BioSystem - det smarta lukt- och fettreduceringsystemet för fettavskiljare*, Bioterias webbplats, Tillgänglig på:  
<http://www.bioteria.com/fettavskiljare/biologisk-rening/>
- Birath et al. (2005) *Trafikprojekt för en bättre miljö*, Birath, K., Hadenius, A., Sundqvist, J., Schagerström, T., Johansson, J., Spolander, I., Naturvårdsverket, Tillgänglig på:  
<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5477-5.pdf>
- Björkman, M (2010) *Fosfor utvinns ur avloppsslam*, Cirkulation nr. 3 2010, Publicerad 2010-04-28, Tillgänglig på:  
<http://www.cirkulation.com/2010/04/fosfor-utvinns-ur-avloppsslam/comment-page-1/>
- Blomqvist et al. (2007) *Mycket fosfor i Östersjön ger blomning av cyanobakterier*, Blomqvist, S., Gunnars, A., Umeå marina forskningscentrum, Tillgänglig på: <http://www.havet.nu/dokument/algblomning.pdf>
- CIT Urban Water Management (2009) *Samhallsekonomska analys av fosforutvinning ur avloppsslam och aska från monoförbränning av avloppsslam*, Norström, A., Kärrman, E., Tillgänglig på:  
[http://www.naturvardsverket.se/upload/30\\_global\\_meny/02\\_aktuelltytranden/Sa\\_har\\_vill\\_vi\\_aterfora\\_mer\\_fosfor\\_till\\_kretsloppet/Bil2-7\\_Samhallsekonomska\\_analys.pdf](http://www.naturvardsverket.se/upload/30_global_meny/02_aktuelltytranden/Sa_har_vill_vi_aterfora_mer_fosfor_till_kretsloppet/Bil2-7_Samhallsekonomska_analys.pdf)
- Eckhart, L. (2010) *Hållbar växtnäringshantering i Stockholms län*, Eckhart, L., Teknisk- och naturvetenskaplig fakultet, Uppsala universitet, Tillgänglig på: [uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:353542/FULLTEXT01](http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:353542/FULLTEXT01)
- FOI (2009) *Litteraturstudie om klimatpåverkan från svensk konsumtion*, Mobjörk, M., Jonsson, D.K., Totalförsvarets Forskningsinstitut, Tillgänglig på:  
[http://www.naturvardsverket.se/upload/05\\_klimat\\_i\\_forandring/pdf/klimat\\_konsumtion\\_litteraturstudie.pdf](http://www.naturvardsverket.se/upload/05_klimat_i_forandring/pdf/klimat_konsumtion_litteraturstudie.pdf)
- Ganrot et al. (2007) *Recovery of N and P from human urine by freezing, struvite precipitation and adsorption to zeolite and active carbon*, Ganrot, Z., Dave, G., Nilsson, E., *Bioresource Technology* 98 (2007) 3112-3121, Tillgänglig på: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Ganrot, Z (2010) *Struvit från all skit? – om att utvinna ren fosfor ur slam*, Föredrag hållet av Zsafia Ganrot på Ekocentrum 2010-03-24, Referat tillgängligt på:  
<http://www.ekocentrum.se/filer/ref100324.pdf>

- Granstedt, A. (2000) *Växtnäringens flöde genom jordbruk och sambälle - vägar att sluta kretsloppen*, Granstedt, A., Centrum för uthålligt lantbruk, SLU, Tillgänglig på: <http://orgprints.org/298/1/ekolantbr29.pdf>
- Gullberg et al. (2011) *Selection of Resistant Bacteria at Very Low Antibiotic Concentrations*, Gullberg, E., Cao, S., Berg, O.G., Ilbäck, C., Sandegren, L., Hughes, D., Andersson, D.I., Uppsala Universitet, Tillgänglig på: <http://www.plospathogens.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.ppat.1002158>
- Johansson et al. (1998) *Urinsortering – en del i framtidens avlopps.system?*, Johansson, M., Jönsson, H., Höglund, C., Gröna Fakta Utemiljö 7 1998, Tillgänglig på: [http://chaos.bibul.slu.se/sll/slu/grona\\_fakta/GFA98-07/GFA98-07.BAK](http://chaos.bibul.slu.se/sll/slu/grona_fakta/GFA98-07/GFA98-07.BAK)
- Jordbruksverket (2004) *Förutsättningar för en minskning av växthusgasutsläppen från jordbruket*, Rapport 2004:1, Tillgänglig på: [http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_rapporter/ra04\\_1.pdf](http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra04_1.pdf)
- Jorbruksverket (2009) *Jordbruksstatistisk årsbok 2009 - med data om livsmedel*, Sveriges officiella statistik, Tillgänglig på: <http://www.sjv.se/download/18.50cb902d1234ca17a7e8000454/Hela+JÅ+2009.pdf>
- Jordbruksverket (2010) *Åtgärder mot fosforförluster från jordbruksmark - möjligheter och hinder i praktiken*, Delrapport 1 från projekt Greppa Fosfor, Tillgänglig på: [http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_rapporter/ra10\\_35.pdf](http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra10_35.pdf)
- Jorbruksverket (2011) *Jordbruksstatistisk årsbok 2011 - produktionsmedel inom jordbruket*, Sveriges officiella statistik, Tillgänglig på: [http://www.scb.se/statistik/publikationer/JO1901\\_2011A01\\_BR\\_00\\_JO01BR1101.pdf](http://www.scb.se/statistik/publikationer/JO1901_2011A01_BR_00_JO01BR1101.pdf)
- Karlsson, R. (2002) *Svinn i storhushåll- Mängder, sammansättning och möjligheter att minska*, Karlsson, R., Forskningsgruppen för miljöstrategiska studier, Stockholms universitet, Tillgänglig på: <http://www.infra.kth.se/fms/pdf/SvinniStorhushall.pdf>
- Kirchman et al. (1995) *Human urine - Chemical composition and fertilizer use efficiency*, Fertilizer Research 40: 149-154 1995, Tillgänglig på: <http://www.springerlink.com/content/km386u8967256354/>
- Konsumentföreningen Stockholm (2009) *Rapport från en slaskhink*, Ungerth, L., Carlsson, A., Tillgänglig på: [http://www.smmi.nu/Rapport\\_fran\\_en\\_slaskhink\\_mars\\_2009.pdf](http://www.smmi.nu/Rapport_fran_en_slaskhink_mars_2009.pdf)
- Kummel, L. (2006) *Den glesa staden*, Kummel, L., Svenska Naturskyddsföreningen, Tillgänglig på: [http://www.naturskyddsforeningen.se/upload/Foreningsdokument/Rapporter/rapport\\_trafik\\_denglesastaden.pdf](http://www.naturskyddsforeningen.se/upload/Foreningsdokument/Rapporter/rapport_trafik_denglesastaden.pdf)

- Kårebring-Olsson, M. (2001) *Kartläggning av fosfor- och kväveläckage från land till vatten samt förslag till åtgärder*, Kårebring-Olsson, M., Åländsk utredningsserie 2001:3, Tillgänglig på:  
<http://www.regeringen.ax/.composer/upload/modules/publikationer/rapportmbilagor.pdf>
- Liu et al. (2011) *Selective Advantage of Resistant Strains at Trace Levels of Antibiotics: a Simple and Ultrasensitive Color Test for Detection of Antibiotics and Genotoxic Agents*, Liu, A., Fong, A., Becket, E., Yuan, J., Tamae, C., Medrano, L., Maiz, M., Wahba, C., Lee, K., Tran, K.P., Yang, H., Hoffman, R.M., Salih, A., Miller, J.H., *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, Mar. 2011, p. 1204-1210
- Livsmedelsverket (2011) *Livsmedelssvinn i hushåll och skolor - en kunskapssammanställning*, Modin, R., Rapport 4-2011, Tillgänglig på:  
[http://www.slv.se/upload/dokument/rapporter/mat\\_miljo/2011\\_livsmedelsverket\\_4\\_livsmedelssvinn\\_i\\_hushall\\_och\\_skolor.pdf](http://www.slv.se/upload/dokument/rapporter/mat_miljo/2011_livsmedelsverket_4_livsmedelssvinn_i_hushall_och_skolor.pdf)
- Länsstyrelsen i Stockholms län (2010) *Södertäljemodellen – Enskilda avlopp i kretslopp*, broschyr producerad av Länsstyrelsen i Stockholms län, Södertälje kommun, Lantbrukarnas riksförbund och JTI.
- Malmén, L. (2005) *Våtkospostering - maten du åt kan bli bra gödsel*, Malmén, L., JTI, nr 109, Tillgänglig på:  
<http://www.jti.se/uploads/jti/JTIinf109.pdf>
- Naturvårdsverket (1995) *Vad innehåller avlopp från hushåll? - Näring och metaller i urin och fekalier samt i disk-, tvätt-, bad- & duschvatten*, Rapport 4425, Tillgänglig på: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-4425-7.pdf>
- Naturvårdsverket (2002) *Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp*, Rapport 5214, Tillgänglig på: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5214-4.pdf>
- Naturvårdsverket (a) (2004) *Åtgärder för att minska fosforutsläppen från befintliga enskilda avlopp*, Rapport 5427, December 2004, Tillgänglig på:  
<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5427-9.pdf>
- Naturvårdsverket (b) (2004) *Fosforutsläpp till vatten år 2010 - delmål, åtgärder och styrmedel*, Rapport 5364, Tillgänglig på:  
<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5364-7.pdf>
- Naturvårdsverket (2008) *Svinn i Livsmedelskedjan - Möjligheter till minskade mängder*, Rapport 5885, Tillgänglig på:  
<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-5885-2.pdf>

- Naturvårdsverket (2009) *Vad kan havet ge oss? - Östersjöns och Västerhavets ekosystemtjänster*, Rapport 5937, Tillgänglig på:  
<http://naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-5937-8.pdf>
- Naturvårdsverket (2010) *Redovisning av regeringsuppdrag 21 - Uppdatering av "Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp"*, Tillgänglig på:  
<http://www.regeringen.se/content/1/c6/03/45/62/d33d7d61.pdf>
- Naturvårdsverket (a) (2011) *Miljömålen på ny grund - Naturvårdsverkets utökade årliga redovisning av miljö kvalitetsmålen 2011*, Rapport 6433, Tillgänglig på: <http://naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6433-4.pdf>
- Naturvårdsverket (b) (2011) *Minskat livsmedelssvinn sparar miljö och pengar*, Pressmeddelande 2011-07-01, Tillgänglig på:  
<http://www.naturvardsverket.se/sv/Toppmeny/Press/Pressmeddelanden/Minskat-livsmedelssvinn-sparar-miljo-och-pengar/>
- Naturvårdsverket (c) (2011) *Nedfall av kväve*, Miljömålsportalen [www.miljomal.se](http://www.miljomal.se), Tillgänglig på: <http://www.miljomal.se/Systemsidor/Indikator sida/?iid=100&pl=1>
- Ragunda Kommun (2009) *Hur en slambrunn/Slamavskiljare fungerar*, Tillgänglig på:  
<http://www.ragunda.se/download/18.2fb2be1d120b3babd858000158/Information+om+slambrunnar.pdf>
- Renman, A (2008) *On-site wastewater treatment – polonite and other filter materials for removal of metals, nitrogen, and phosphorus*, Doktorsavhandling vid institutionen för mark- och vattenteknik på Kungliga tekniska högskolan i Stockholm. Tillgänglig på:  
[http://www.lwr.kth.se/Publikationer/PDF\\_Files/LWR\\_PHD\\_1043.pdf](http://www.lwr.kth.se/Publikationer/PDF_Files/LWR_PHD_1043.pdf)
- Rensa Entreprenad, *LIPIDUS matavfallsystem*, Rensa Entreprenads webbplats, Tillgänglig på: <http://www.rensaentreprenad.se/avfallskvarnar-storkok/lipidus/>
- SCB (a) (2011) *Kväve och fosforbalanser för jordbruksmark och jordbrukssektor 2009*, Sveriges officiella statistik, Tillgänglig på:  
[http://www.scb.se/Statistik/MI/MI1004/2009A01/MI1004\\_2009A01\\_SM\\_MI40SM1102.pdf](http://www.scb.se/Statistik/MI/MI1004/2009A01/MI1004_2009A01_SM_MI40SM1102.pdf)
- SCB (b) (2011) *Försäljning av mineralgödsel för jord- och trädgårdsbruk under 2009/10*, Sveriges officiella statistik, Tillgänglig på:  
[http://www.scb.se/Statistik/MI/MI1002/2009B10/MI1002\\_2009B10\\_SM\\_MI30SM1102.pdf](http://www.scb.se/Statistik/MI/MI1002/2009B10/MI1002_2009B10_SM_MI30SM1102.pdf)

- SIK (a) (2008) *LCA-databas för konventionella fodermedel - miljöpåverkan i samband med produktion*, Flysjö, A., Cederberg, C., Strid, I., Tillgänglig på: <http://www.sik.se/archive/pdf-filer-katalog/SR772rev.pdf>
- SIK (b) (2008) *Klimatavtryck från busbållens matanfall*, Ungerth, L., Carlsson, A., Sonesson, U., Tillgänglig på: <http://www.testfakta.se/Mediaarkiv/Dokument/article11476.ece/BINARY/64667.pdf>
- SIK (2011) *Global Food Losses and Food Waste - Extent, Causes, and Prevention*, Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Tillgänglig på: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/ags/publications/GFL\\_web.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/ags/publications/GFL_web.pdf)
- Stintzing et al. (2001) *Humanurin som gödselmedel – växtnäring, spridningsteknik och miljöeffekter*, Stintzing, A.R., Rodhe, L., Åkerhielm, H., JTI-rapport Lantbruk & Industri 278, Tillgänglig på : <http://www.jti.se/uploads/jti/R-278ar-s%20m%20fl.pdf>
- Sörenby, L. (2010) *Hållbar växtnäringshantering - en kartläggning av fosforflöden i Stockholms län*, Sörenby,L., Institutionen för industriell ekologi, KTH
- Wivstad et al. (2009) *Ekologisk produktion - möjligheter att minska övergödning*, Wivstad, M., Salomon, E., Spångberg, J., Jönsson, H., Centrum för uthålligt lantbruk, SLU, Tillgänglig på: <http://www.cul.slu.se/publikationer/Eko-prod-overgodning-syntes-web.pdf>



## Bilaga 1 – Växtnäringsämnen

Växter behöver ett antal olika näringsämnen för att överleva. Dessa kan delas upp i olika grupper efter vilken mängd de behövs i. De ämnen som växterna behöver i stora mängder kallas för makronäringsämnen. Till makronäringsämnen hör bl.a. kväve (N), fosfor (P) och kalium (K). Ämnen som även de är nödvändiga men som endast krävs i små mängder kallas mikronäringsämnen. I denna grupp återfinns t.ex. mangan (Mn), järn (Fe) och koppar (Cu).

Grundämne	Kemisk beteckning	Växttillgänglig form	Relativ mängd
<b>makronäringsämnen:</b>			
Väte	H	H <sub>2</sub> O	60 000 000
Kol	C	CO <sub>2</sub>	35 000 000
Syre	O	O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	30 000 000
Kväve	N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , aminosyror	1 000 000
Kalium	K	K <sup>+</sup>	250 000
Kalcium	Ca	Ca <sup>2+</sup>	125 000
Magnesium	Mg	Mg <sup>2+</sup>	80 000
Fosfor	P	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	60 000
Svavel	S	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	30 000
<b>mikronäringsämnen:</b>			
Klor	Cl	Cl <sup>-</sup>	3 000
Järn	Fe	Fe <sub>2</sub> <sup>+</sup> , Fe <sub>3</sub> <sup>+</sup>	2 000
Bor	B	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2 000
Mangan	Mn	Mn <sup>2+</sup>	1 000
Zink	Zn	Zn <sup>2+</sup>	300
Koppar	Cu	Cu <sup>+</sup> , Cu <sup>2+</sup>	100
Molybden	Mo	MoO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1

Tabell 22. Näringsämnen som är nödvändiga för växter.<sup>128,129</sup> Relativa mängden som behövs av varje näringsämne är angivet i antal atomer.

### Näringsämnenas roll

#### Väte, kol och syre

De vanligaste makronäringsämnena; väte, kol och syre kräver ingen närmare introduktion. De ingår i alla organiska molekyler och är helt oundgängliga för alla typer av växter och organismer. Växter har tillgång till dessa ämnen via luften (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) och vattnet (H<sub>2</sub>O).

#### Kväve

Kväve är även det helt avgörande för växternas utveckling och uppbyggnad. Kväve ingår bland annat i aminosyror, nukleinsyror, enzymer och i bladens

<sup>128</sup> Barak, P. (1999)

<sup>129</sup> Jordbruksverket (2003)

klorofyll. God tillgång på kväve ger därför snabb utveckling och friska, gröna blad.

Kväve finns närvarande i en mängd former i jorden. Den största delen av kvävet är uppbundet i organiskt material. En del återfinns i mineralform, framförallt som ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) och nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). Det är framförallt dessa två former av kväve som växter tar upp men även organiskt kväve kan tas upp. Vissa växter har även förmågan att ta upp kväve från den kvävgas ( $\text{N}_2$ ) som finns i luften. Om en växt får kvävebrist leder det snabbt till försämrade tillväxt.<sup>130</sup>

### Fosfor

Fosfor är viktigt för utvecklingen av frö, frukter, rotsystem och växtens fortplantningsförmåga.<sup>131</sup> Fosfor är precis som kväve en nödvändig byggsten i nukleinsyror och klorofyll. Brist på fosfor visar sig genom onaturligt långsam utveckling och rödaktiga blad. Växternas förmåga att recirkulera fosfor gör dock att det tar lång tid innan tillväxten avstannar helt.<sup>132</sup>

Den form av fosfor som är tillgänglig för växter är framförallt ortofosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Den största delen av den fosfor som finns i åkerjorden är dock i form av oorganiska fosforkomplex. Dessa kan hydrolyseras till ortofosfater över längre tid.<sup>133</sup>

Överskott av fosfor är inget större problem för växterna. Dessutom tenderar överskott av fosfor i jord att leda till att nya fosforkomplex bildas med järn, aluminium och mangan (låga pH-värden) samt kalcium (höga pH-värden).<sup>134</sup> Fosfor kan även förekomma som joner adsorberade till lerpartiklar eller lösta i markvätskan. Det är i markvätskan som den växttillgängliga fosfor finns. De olika formerna av fosfor står i kontakt med varandra via jämviktsreaktioner. Dessa reaktioner går långsammare vid låga temperaturer vilket kan leda till fosforbrist under kalla perioder på våren.<sup>135</sup>

### Kalium

Kalium hjälper till att bygga upp stjälkar och stammar och ökar växtens motståndskraft. Det är även ett viktigt ämne för produktion av proteiner, stärkelse och växtsocker.<sup>136, 137</sup> Kalium reglerar även parametrar så som växtens pH, jonbalans och vattentrycket i växten. Det sistnämnda leder till att brist på kalium ofta gör att växten slokar.<sup>138</sup>

Kalium, till skillnad från kväve och fosfor, finns inte bundet i organiska substanser i jorden. Istället förekommer kalium i mineraler som fältspat och

---

<sup>130</sup> Jordbruksverket (2003)

<sup>131</sup> Sijansfors försökspark (2004)

<sup>132</sup> Jordbruksverket (2003)

<sup>133</sup> Sijansfors försökspark (2004)

<sup>134</sup> Sijansfors försökspark (2004)

<sup>135</sup> Jordbruksverket (2003)

<sup>136</sup> Sijansfors försökspark (2004)

<sup>137</sup> Jordbruksverket (2003)

<sup>138</sup> Jordbruksverket (2003)

biotit. Dessa vittras långsamt sönder och på så sätt kan det bundna kaliumet omvandlas till mer lösliga former.<sup>139</sup>

### Kalcium

Kalcium finns precis som kalium i form av mineraler i jorden. Tillgången på kalcium är dock större, speciellt i kalkrika jordar. Kalcium är mycket viktigt för en plantas tillväxt då det hjälper till att bygga upp cellväggar och rotsystem.<sup>140</sup> Kalcium är också en viktig komponent i växternas enzymssystem, bl.a. det som reglerar upptag och avgivning av koldioxid och syre.<sup>141</sup> Det är sällan brist på kalcium i jorden. Om bristsymptom uppstår är det ofta som en följd av obalans mellan olika joner i växten eller jorden.<sup>142</sup>

### Magnesium

Även magnesium spelar en nyckelroll i växternas enzymssystem och är därför ett mycket viktigt ämne. Magnesium utgör även centralatomen i de olika former av klorofyll som växterna använder sig av. Magnesium är ett lättflyttligt ämne och kan förflytta sig inom växten dit det behövs mest. Magnesiumbrist visar sig därför först på äldre blad som gulnar.

Magnesium finns normalt i mineraler som biotit och augit och tillförs genom långsam vittring jorden. Den växttillgängliga formen,  $Mg^{2+}$ , finns i markvätskan.<sup>143</sup>

### Svavel

Svavel utgör en del av två för växterna viktiga aminosyror och återfinns även i ett antal enzymer. Svavel tas upp i form av sulfat,  $SO_4^{2-}$ , och kan sedan lagras i växten innan användning. Upp till 60 % av växtens svavelinnehåll kan vara lagrat på detta sätt. Brist till svavel leder till hämningar av växtens utveckling. Främst på grund av att det enzym som omvandlar nitrat inte kan bildas vilket leder till ansamling av nitrat i växten och att proteinsyntesen avstannar.

Tidigare har svavel tillförts i stora mängder i samband med ”surt regn”. Nu när detta problem blir allt mindre så kommer svavel att behöva tillsättas i gödslingen för att inte växterna ska lida brist på det. Svavel tillförs även naturligt genom vittring av svavelinnehållande mineraler t.ex. pyrit.<sup>144</sup>

### Mikronäringsämnen

Det finns ett flertal ämnen som är bevisat viktiga för växterna även om de tas upp i mycket små mängder. De förekommer alla naturligt i jorden och den begränsande faktorn är därför snarare tillgängligheten för växterna. Tillgängligheten styrs av pH-värdet och gynnas generellt av värden runt pH 5,5-6.

---

<sup>139</sup> Jordbruksverket (2003)

<sup>140</sup> Jordbruksverket (2003)

<sup>141</sup> Sijansfors försökspark (2004)

<sup>142</sup> Jordbruksverket (2003)

<sup>143</sup> Jordbruksverket (2003)

<sup>144</sup> Jordbruksverket (2003)

Förutom de som nämns i Tabell 22 så finns det en lång rad andra ämnen som forskarna misstänker vara nödvändiga för växterna exempelvis natrium, kisel, jod, krom, selen, vanadin och litium.

## Bilaga 2 – Mineralgödsel

### Vad är mineralgödsel?

Mineralgödsel, även kallat handelsgödsel eller mineralgödsel, är gödselmedel framställt på konstgjord väg och som innehåller ett eller flera viktiga näringsämnen. Gödsel måste tillsättas eftersom de skördade grödorna för bort näringsämnen från åkrarna. Tillgången på billig mineralgödsel har inneburit en enorm produktionsökning för jordbruket, men samtidigt leder överdriven gödsling till övergödning av sjöar och vattendrag då stora mängder gödsel lakas ut från åkrarna.

### Innehåll

Mineralgödsel finns i flera olika typer och sammansättningar som benämns efter de grundämnen de innehåller. Exempelvis innehåller NK-gödsel kväve (N) och kalium (K), medan PK-gödsel innehåller fosfor (P) och kalium (K). Det är även vanligt med NPK-gödsel som innehåller alla de tre viktigaste näringsämnena.

### Tillverkning av mineralgödsel

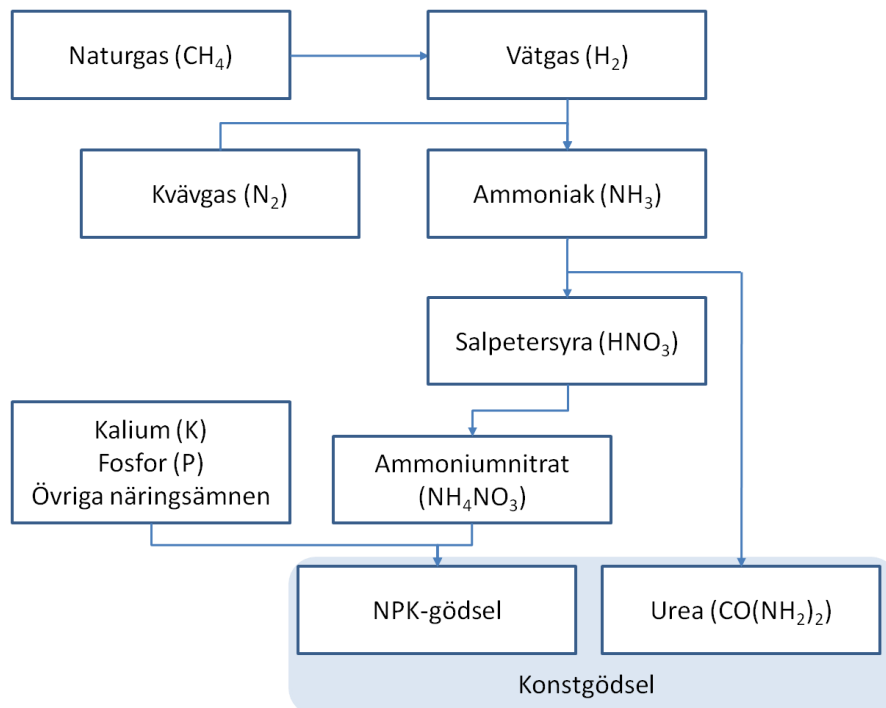
De olika beståndsdelarna i mineralgödsel tillverkas separat och blandas inte förrän i slutsteget av produktionen.

#### Kväve

Kväve är det näringsämne som tillförs i störst mängder och är ofta den största komponenten i mineralgödsel. Det kväve som ingår i mineralgödsel är i form av ammoniumnitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ). För att omvandla kväve till nitratform används flera delprocesser. Först omvandlas naturgas ( $\text{CH}_4$ ) till vätgas ( $\text{H}_2$ ) genom ångreformerings.<sup>145</sup> Vätgasen används sedan tillsammans med kväve från luften ( $\text{N}_2$ ) i den så kallade Haber-Bosch-processen som bildar ammoniak ( $\text{NH}_3$ ). Ammoniaken bränns sedan till salpetersyra som sedan i sin tur kan omvandlas till nitrat. En annan mycket vanlig variant av gödsel som dock inte förekommer så ofta i Sverige är urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) som kan tillverkas direkt från ammoniak.

---

<sup>145</sup> Energigas Sverige (2010)



Figur 43. Tillverkningsprocessen för kvävegödsel.

Processen för att tillverka kvävegödsel är mycket energikrävande, motsvarande 1 liter olja per kilogram kväve.<sup>146</sup> Framställandet är också förknippat med stora utsläpp av växthusgaser då lustgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) bildas i processen. Jämfört med koldioxid är lustgas en 300 gånger starkare växthusgas.<sup>147</sup>

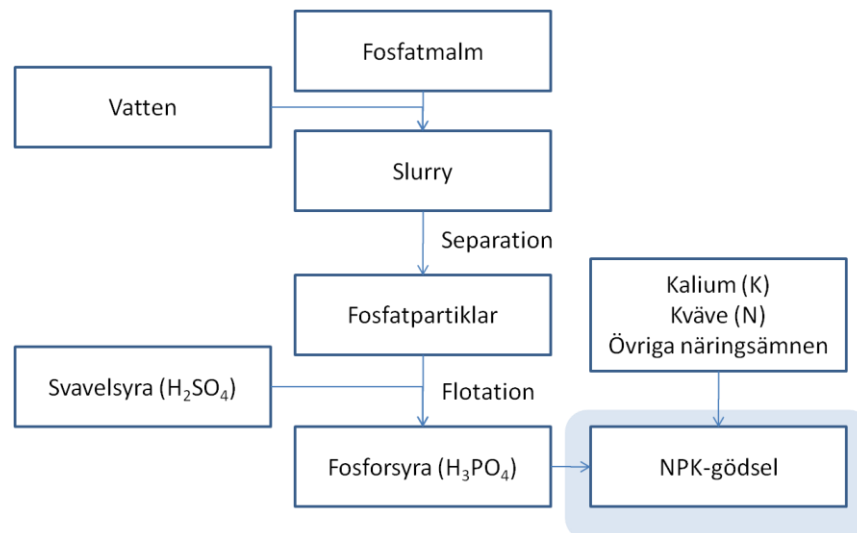
### Fosfor

Den fosfor som används inom jordbruket har sitt ursprung i fosfatmalm (apatit) som utvinns ur jordskorpan. Malmen blandas med vatten till en slurry som sedan separeras med avseende på partikelstorlek. De separerade fosfatpartiklarna behandlas sedan genom flotation tillsammans med kemikalier. Fosfaten behandlas sedan med svavelsyra vilket leder till att fosforsyra bildas. Fosforsyran används sedan för mineralgödselproduktion.<sup>148</sup>

<sup>146</sup> Lindborg, G. (1998)

<sup>147</sup> AGA (2010)

<sup>148</sup> Grego, S. (2001)



Figur 44. Tillverkningsprocessen för fosforgödsel.

### Kalium

Den tredje huvudingrediensen i NPK-gödsel är kalium (K). Kalium utvinns precis som fosfor ur gruvor. Den kemiska form som används i mineralgödsel är kaliumnitrat ( $\text{KNO}_3$ ).

### **Marknaden i Sverige och världen**

Mineralgödsel används framförallt vid spannmålsodling men används även av lantbrukare som odlar djurfoder samt inom skogsnäringen.

Mineralgödselmarknaden består av relativt standardiserade produkter och det bör därför finnas goda möjligheter till konkurrens. I verkligheten är det dock ett fåtal stora aktörer som dominerar den svenska marknaden. Den enda producenten i Sverige är norska Yara som tillverkar kvävebaserat mineralgödsel i Linköping. Yara dominerar även försäljningen för alla typer av gödsel i Sverige. Mindre aktörer är ZAK, Achema, Uralkali m.fl.

Av det mineralgödsel som säljs i Sverige är ungefär två tredjedelar enkla gödselmedel, innehållande endast ett näringsämne, och en tredjedel är sammansatta gödsel som består av flera näringsämnen t.ex. NK, PK eller NPK. Totalt säljs cirka 500 000 ton gödsel per år i Sverige.<sup>149</sup>

### **Prisutveckling**

Det finns en rad faktorer som påverkar prissättningen av mineralgödsel. Framförallt styrs priset av prisutvecklingen på ingående råvaror, tillverkningskostnader och efterfrågan, men även faktorer så som valutakurser och fraktkostnader.

Naturgas, en fossil gas som ofta utvinns tillsammans med olja, är ett viktigt ingående material i produktionen av kvävegödsel och ett varierande naturgaspris kan därför även få effekter på mineralgödselpriset. Även fosforpriset har varit i fokus de senaste åren. 2007-2008 steg fosforpriset med 700 % på 14 månader vilket ledde till en kraftig prisökning på

<sup>149</sup> Statskontoret (2009)

mineralgödsel.<sup>150</sup> Sedan dess har fosforpriset sjunkit igen men en kommande brist på brytbar fosformalm kan innebära att liknande scenarion upprepas inom en snar framtid.

Energi priset påverkar också priset, om än marginellt, då produktionen av både fosfor- och kvävegödsel är mycket energikrävande.

Efterfrågan är den faktor som har störst inflytande på prisbildningen på mineralgödsel. Efterfrågan kan variera från säsong till säsong och är beroende av spannmålspriset. Om jordbrukarna får bra betalt för det de odlar jämfört med löpande kostnader så lönar det sig att gödsla mycket och odla mer intensivt. Snabba förändringar i efterfrågan leder till ökade priser eftersom det tar lång tid att ställa om produktionskapaciteten för mineralgödseltillverkarna.

1984 infördes en miljöavgift på mineralgödsel med motiveringen att användandet leder till övergödning av naturliga system. Avgiften gjordes senare om till en skatt som motsvarade cirka 20 procent av priset på mineralgödsel. 2010 avskaffades skatten på mineralgödsel som en kompensation för införandet av andra skatter som drabbade jordbrukare.<sup>151</sup>

## Miljöpåverkan

Mineralgödsel har stor negativ miljöpåverkan både vid produktion och vid användning.

Vid tillverkning av ammoniumnitrat som är den största komponenten i mineralgödsel så bildas stora mängder kvävedioxid ( $N_2O$ ), även kallad lustgas. Lustgas är en mycket stark växthusgas, drygt 300 gånger värre än koldioxid. Även stora koldioxidutsläpp uppstår vid produktionen då fossil naturgas används som ingångsmaterial. Tittar man på jordbruket i sin helhet så står produktionen av mineralgödsel för en oväntat stor del. Av de växthusgaser som en gård ger upphov till, från sådd till dess att maten levereras till butik står mineralgödselproduktionen för 60-70 %.<sup>152</sup> Till det tillkommer ytterligare läckage av lustgas som bildas på åkrarna efter det att mineralgödsel har tillsatts.

Även fosforgödsel kräver mycket energi för att tillverkas och måste dessutom transporteras långa sträckor då fyndigheter endast finns på ett fåtal platser i världen. Det uppskattas att den energi som går åt för att producera mineralgödsel uppgår till 1-2 % av världens totala energianvändning.

När mineralgödsel sedan sprids på åkrarna riskerar de att orsaka ytterligare miljöproblem. Åkrar som tillförs stora mängder mineralgödsel riskerar att förorena närliggande vattendrag genom urlakning. Näringsämnen som kväve, fosfor och kalium ansamlas då i sjöar och hav där de leder till eutrofiering (övergödning).

---

<sup>150</sup> Cordell et al. (2009)

<sup>151</sup> Statskontoret (2009)

<sup>152</sup> SLU (2000)



Mineralgödsel innehåller även den giftiga tungmetallen kadmium. Kadmium är skadligt för alla former av liv och bör undvikas. Kadmium tas upp av växterna och sprids via maten vidare till oss människor. Tidigare har Sverige använt mineralgödsel från Finland med relativt låg kadmiumhalt. På senare år har dock den största producenten, Yara, höjt sin kadmiumgräns från max 5 mg Cd/kg P till 12 mg Cd/kg P. Yara motiverar höjningen av gränsvärdet med bristande tillgång på kadmiumfri fosfor.<sup>153</sup> I Europa används redan gödsel med betydligt mer kadmium än i Sverige och de fosforresurser som finns kvar i världen är i ökande grad förorenade utav höga halter av kadmium.

---

<sup>153</sup> Emgardsson, P. (2010)