

# Återvinning och återanvändning av resurser från avlopp

Vägen framåt för Sverige baserat på kunskap och erfarenheter från praktiken

Christian Baresel, Elin Flodin,  
Elin Kusoffsky, Linda Önnby,  
Staffan Filipsson, Linus Dagerskog,  
Charlotte Bourghardt, Ann Johansen,  
Åsa Romson, Maria Hübinette,  
Elisabeth Kvarnström, Emelie Persson,  
Linus Karlsson

RAPPORT 7166 | SEPTEMBER 2024



# Återvinning och återanvändning av resurser från avlopp

Vägen framåt för Sverige baserat på kunskap  
och erfarenheter från praktiken

av Christian Baresel\*, Elin Flodin\*\*, Elin Kusoffsky\*\*, Linda Önnby\*,  
Staffan Filipsson\*, Linus Dagerskog\*\*\*, Charlotte Bourghardt\*\*,  
Ann Johansen\*\*, Åsa Romson\*, Maria Hübinette\*\*, Elisabeth Kvarnström\*\*\*\*,  
Emelie Persson\*, Linus Karlsson\*

\* IVL Svenska Miljöinstitutet

\*\* RISE Research Institutes of Sweden

\*\*\* Stockholm Environment Institute

\*\*\*\* Ecoloop

**Naturvårdsverket**

Tel: 010-698 10 00

E-post: [registrator@naturvardsverket.se](mailto:registrator@naturvardsverket.se)

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)

ISBN 978-91-620-7166-0

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2024

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma 2024

Omslagsfoto: Christian Baresel

# Förord

Här presenteras resultaten från forskningsprojektet ”Återvinning och återanvändning av resurser från avlopp - Vägen framåt för Sverige baserat på kunskap och erfarenheter från praktiken”. Projektet är ett av fyra syntesprojekt som genomförts inom satsningen Avloppsvatten och övergödning.

Med de fyra syntesarbeten ville Naturvårdsverket och Havs- och vattenmyndigheten sammanfatta och analysera kunskapsläget och kunskapsbehoven inom områdena avloppsvatten och övergödning. Det övergripande syftet med synteserna var att bidra till policyutveckling inom hållbar vattenhantering så att vi uppnår miljömålen på lång sikt och att miljöns tillstånd förbättras. Utlysningen var inriktad på tre områden varav ett var avloppsvatten som resurs.

Projektet har finansierats med medel från Naturvårdsverkets miljöforskningsanslag.

Rapporten har skrivits av Christian Baresel, Staffan Filipsson, Linda Önnby, Åsa Romson, Emelie Persson och Linus Karlsson från IVL Svenska Miljöinstitutet, Elin Flodin, Elin Kusoffsky, Charlotte Bourghardt, Ann Johansen och Maria Hübinette från RISE Research Institutes of Sweden, Linus Dagerskog från Stockholm Environment Institute samt Elisabeth Kvarnström från Ecoloop.

Rapporten har granskats för vetenskaplig kvalitet av Åsa Davidsson (Lunds universitet) samt för praktisk relevans av Cezary Bose, Maximilian Lüdtke (båda Naturvårdsverket) samt Margareta Lundin Unger (Havs- och vattenmyndigheten). Författarna svarar för rapportens innehåll.

Stockholm i september 2024

Marie Uhrwing  
Avdelningschef, Hållbarhetsavdelningen

# Innehåll

<b>Sammanfattning</b>	6
<b>Summary</b>	8
<b>Rapportens ordlista</b>	10
<b>Projektgruppens tack</b>	12
<b>1. Inledning</b>	13
1.1 Om syntesarbetet	13
1.2 Vad definierar hållbarhet?	16
1.3 Effektiv resursanvändning först!	17
1.4 Avlopp som avfall eller resurs?	18
1.5 Återanvändning och återvinning	22
1.6 Olika begrepp	23
1.7 Samma mål men många vägar dit	24
1.8 Utmaningar som väntar	25
1.9 Drivkrafter för ett hållbart samhälle för att bemöta dessa utmaningar	26
1.10 Vem tar ansvaret?	28
<b>2. Resurser i avlopp och hur de kan nyttjas</b>	31
2.1 Tillgång, behov och potential för återvinning	31
2.1.1 Vatten	31
2.1.2 Näringsämnen	32
2.1.3 Energi	32
2.1.4 Andra resurser	33
2.2 Tekniker och system	33
2.2.1 Vatten	33
2.2.2 Näringsämnen	34
2.2.3 Energi	34
2.2.4 Andra resurser	35
2.3 Existerande policy, lagar och styrdokument	35
2.4 Acceptans för återvinning och återanvändning	38
2.5 Risker vid återvinning och återanvändning	41
2.6 Verktyg för systemutvärdering, planering och implementering av resursåtervinning	46
2.6.1 Utvärdering av miljöaspekter, risker och ekonomi	46
2.6.2 Verktyg för planering och implementering	48
2.6.3 Utblick	48

<b>3.</b>	<b>Cirkulära lösningar för en hållbar avloppshantering</b>	50
3.1	Resurshantering i dagens system	50
3.2	Källsorterande system i hela samhället	51
3.3	Från avloppsreningsverk till resursanläggning	52
3.4	Samhällsanpassat kombinationssystem	53
<b>4.</b>	<b>Vägen framåt</b>	56
4.1	Tänk helhet	57
4.2	Samverkan	58
4.3	Kunskap och utredningsbehov	59
4.4	Incitament och styrmedel	60
<b>5.</b>	<b>Källhänvisning</b>	63
<b>6.</b>	<b>Bilaga</b>	65
6.1	Förklaringar till Figur 2 och Figur 3 i rapporten	65
6.2	Delsynteser	69

# Sammanfattning

Den här sammanfattande rapporten utgör en syntes av den tillgängliga kunskapen och erfarenheterna i Sverige kring återvinning och återanvändning av resurser från avlopp. Sammanställningen är resultatet av ett omfattande arbete av Projektgruppen i dialog med en stor mängd olika aktörer inom relevanta områden, som myndigheter, kommunala VA-organisationer, högskolor med flera. Tillsammans med de delsynteser som rör olika temaområden, är denna kunskap tänkt att stödja både offentliga och privata aktörer som är centrala för omställningsprocessen till en mer cirkulär hantering av resurser från avlopp. Det långsiktiga målet är ett hållbart och, framför allt, mer motståndskraftigt samhälle där resurser ur avlopp kan utgöra en viktig pusselbit. Rapporten är avsedd att hjälpa till att hitta, navigera och tolka den stora mängd kunskap som redan finns, samt att utforska möjliga lösningar och vägar framåt mot en ökad implementering av cirkulära lösningar.

Avloppsvatten innehåller inte bara näringsämnen som kan möta många av de behov som finns inom svenskt jordbruk, utan också betydande mängder energi. Denna energi används idag bara i begränsad omfattning, men den har potential att bli en viktig komponent i Sveriges framtida förnybara energimix. Utöver dessa resurser utgör också vattnet en livsviktig resurs, inte bara för oss människor utan även för de ekosystem vi är beroende av. Även vi i Sverige behöver återvinna och återanvända vattenresurserna i större utsträckning för att möta utmaningar som vattenbrist och försämring av våra naturliga vattenresurser, bland annat orsakad av klimatförändringar. Avloppen innehåller även andra resurser som samhället till viss del redan har uppmärksammat som potentiella alternativ för att möta våra behov. I kombination med en effektivare resursanvändning kan en återvinning och återanvändning av resurserna som finns i avloppet göra Sverige mindre beroende av import av ofta fossila resurser, vilket ökar Sveriges motståndskraft i kristider. Omställningen kan också bidra till att säkra kritisk infrastruktur och till att mer hållbara cirkulära lösningar som tillgodoser våra planetära gränser tillämpas.

Förutom resurserna så innehåller avlopp även föroreningar eftersom avlopp är en naturlig samlingspunkt för många utsläpp i samhället, från både hushåll, industri och andra utsläppskällor. Hit räknas exempelvis läkemedelsrester och andra organiska och oorganiska mikroöroreningar, som samhället redan har identifierat som problematiska för både miljön och människors hälsa. En holistisk hantering av avloppsfraktioner som möjliggör återvinning och återanvändning av värdefulla resurser samtidigt som föroreningar kan tas bort från kretsloppet är således vägen framåt för svensk avloppshantering. Här föreslår projektgruppen en samhällsanpassad kombination av källsorteringssystem och resursanläggningar som kan utvecklas i takt med samhällets utveckling och omställning för en allt högre grad av resursåtervinning. Denna lösning ger en reell möjlighet att börja med en implementering av resursåtervinning nu eftersom befintlig infrastruktur kan nyttjas och kompletteras eller byggas om successivt med samhällets omställning. Införandet av olika källsorterande eller resursåterbrukande åtgärder i vissa hushåll eller bostadsområden och återvinning av resurser i befintliga avloppsreningsverk kan realiseras parallellt och gynnar direkt både en cirkulär resursanvändning och ett bättre resursutnyttjande i avloppshantering.

Syntesrapporten visar att det redan idag finns både tekniker och lösningar för att återvinna och återanvända olika resurser från avlopp. Dessutom pågår mycket forskning och utveckling kring teknikoptimering och innovation som med en tydlig satsning skulle kunna ge Sverige ett teknologiskt och innovationsförsprång i den omställningsprocess som flera länder har initierat. Genomgången av erfarenheter visar också att acceptansen för användning av resurser som utvinns från avlopp till stor del redan finns idag, men att det finns en stor potential att öka denna acceptans bland annat genom ett tydligare arbete från myndigheternas sida. Här kan det nämnas att trots att existerande regelverk på en övergripande nivå redan främjar en utökad användning av avloppsresurser så kvarstår brister på vägledning och juridiska osäkerheter som några av de största hindren för en ökad återvinning och återanvändning av resurser från avlopp. För att övervinna hinder inom återvinning och återanvändning krävs ett bättre samarbete och ökad kunskap hos svenska myndigheter. Olika initiativ för att främja kunskapsutbyte och kunskapsuppbyggnad kan hjälpa till att uppnå detta. Projektgruppen hoppas att även denna syntesrapport delvis kan bidra till det.

Syntesen visar att det även finns olika verktyg tillgängliga för att bedöma eventuella risker med återanvändning eller återvinning av resurser, eller för att välja de bästa lösningarna bland flera alternativ. Dessa verktyg kan ge ett värdefullt stöd i beslutsprocesser även framöver, dock behöver det beaktas att det alltid kommer finnas aspekter som inte kommer kunna kvantifiera eller bedömas. Det är därför av vikt att alla involverade aktörer har en viss kunskap och förståelse om de möjligheter och risker som finns för att kunna ta Sverige framåt mot en hållbar och cirkulär avloppshantering. Vidareutveckling av verktygen för att bättre kunna fånga upp de värden som är svåra att kvantifiera, eller sätta monetära värden på, behövs också.

Vägen framåt för en hållbar utveckling i framtidens Sverige kräver en tydlig förändring av samhällets hantering av resurser i avlopp. Inte bara krävs en attitydförändring för att betrakta avlopp som resurs och inte avfall. Genom helhetstänk kan flera resurser samtidigt nyttjas och tillgodose samhällets behov och samtidigt hjälpa att bemöta olika utmaningar samhället står inför såsom exempelvis klimatförändringen och annan negativ miljöpåverkan. En aktiv samverkan mellan olika myndigheter och andra aktörer krävs. Sveriges unika öppna arbetssätt, där erfarenheter och kunskap som tas fram av en aktör, öppet delas med alla andra aktörer, utgör i detta sammanhang en enorm styrka som bör nyttjas genom ett brett nationellt samarbete. Ännu mer kunskap behöver tas fram eller syntetiseras för en effektivare implementering av de bästa lösningarna för en cirkulär resurshantering. Till sist kommer den omställningen som behövs inte kunna ske utan att det finns en tydlig samhällsinriktning som ger förutsättningar för aktörer att verka i. Här behöver incitament och styrmedel komma på plats i form av tydliga regelverk, uppdragsformulering, riktade utlysningar och eventuella ”fyrtnorsprojekt” i nationell samverkan som skapar en kunskaps- och referensbas för implementering.



# Summary

This summary report provides a synthesis of the available knowledge and experiences in Sweden regarding the recycling, recovery, and reuse of resources from wastewater. The compilation is the result of extensive work by the project group in dialogue with a large number of different stakeholders in relevant areas, such as government agencies, municipal water utilities, academic institutions, and more. Along with the sub-syntheses covering various thematic areas, this knowledge is intended to support both public and private actors central to the transformation toward a more circular handling of resources from wastewater. The long-term goal is a sustainable and, above all, more resilient society where resources from wastewater play a key role. The report is designed to help locate, navigate, and interpret the vast amount of existing knowledge, and to explore possible solutions and pathways toward increased implementation of circular solutions.

Wastewater contains not only nutrients that can meet many of the needs within Swedish agriculture, but also significant amounts of energy. This energy is currently used only to a limited extent, but it has the potential to become an important component of Sweden's future renewable energy mix. In addition to these resources, water itself is a vital resource, not only for humans but also for the ecosystems we depend on. Even in Sweden, we need to recycle and reuse this resource to a greater extent to address challenges like water scarcity and the deterioration of our natural water resources, which can be caused in part by climate change. Wastewater also contains other resources that society has partly already recognized as potential alternatives to meet its needs. In combination with more efficient resource utilization, the recovery and reuse of resources from wastewater can make Sweden less dependent on the importation of often fossil-based resources, increasing the country's resilience in times of crisis. This transformation can also help secure critical infrastructure and support more sustainable circular solutions that align with our planetary boundaries.

Beyond resources, wastewater also contains pollutants, as it is a natural collection point for many emissions in society from both households and industry, as well as other sources. This includes residues from pharmaceuticals and other organic and inorganic micropollutants, which society has already identified as problematic for both the environment and human health. A holistic approach to managing wastewater fractions, allowing for the recovery and reuse of valuable resources while removing pollutants from the cycle, is therefore the way forward for Swedish wastewater management. The project group proposes a society-adapted combination of source-separating systems and resource facilities that can develop in line with society for an increasingly high level of resource recycling. This solution provides a real opportunity to start implementing resource recycling now, as existing infrastructure can be used and supplemented or modified as society transitions. The introduction of various source-separating or resource-recycling measures in certain households or residential areas and the recycling of resources in existing wastewater treatment plants can be carried out in parallel, directly benefiting both a circular resource use and a better resource utilization in wastewater management.

The synthesis report shows that there are already both technologies and solutions for recycling, recovering, and reusing various resources from wastewater. Moreover, there is ongoing research and development focusing on technical optimization and innovation, which with a clear focus could give Sweden a technology and innovation edge in the transformation process that several countries have initiated. The analysis of experiences also indicates that there is already significant acceptance for the use of resources extracted from wastewater, but there is substantial potential to increase this acceptance through clearer efforts from the authorities. Despite existing regulations generally promoting an increased use of wastewater resources, a lack of guidance and legal uncertainties remain some of the biggest obstacles to increased recycling and reuse of resources from wastewater. To overcome barriers in recycling and reuse, better collaboration and increased knowledge among Swedish authorities are required. Various initiatives to promote knowledge exchange and build-up could help achieve this. The project group hopes this synthesis report can contribute to this goal.

The synthesis also indicates that there are various tools available to assess potential risks with resource recycling and reuse, or to choose the best solutions among several alternatives. These tools can provide valuable support in decision-making processes, but it must be noted that some aspects cannot be quantified or assessed. Therefore, it is essential that all involved stakeholders have a certain level of knowledge and understanding of the opportunities and risks to advance Sweden toward sustainable and circular wastewater management. Further development of these tools to better capture values that are difficult to quantify or assign monetary value to is also needed.

The path forward for sustainable development in Sweden's future requires a clear shift in society's handling of resources in wastewater. It demands not only a change in attitude to view wastewater as a resource rather than waste, but also holistic thinking that can simultaneously utilize multiple resources to meet societal needs and address the challenges of climate change and other environmental impacts. Active collaboration among different authorities and stakeholders is essential. Sweden's unique open approach, where knowledge and experiences gained by one party are openly shared with others, is a significant strength in this context, and it should be harnessed through broad national collaboration. Even more knowledge needs to be generated or synthesized to facilitate more effective implementation of the best solutions for circular resource management. Ultimately, the transition that is needed cannot occur without a clear societal direction that provides conditions for actors to operate. Here, incentives and policy instruments need to be established in the form of clear regulations, task formulation, targeted calls, and possible "lighthouse projects" in national cooperation to create a knowledge and reference base for implementation.

# Rapportens ordlista

Nedan följer ord och begrepp som förekommer i rapporten och som flitigt används inom området för cirkulära lösningar av vatten. Rapportens ordlista ska betraktas som Projektgruppens egna, snarare än en allmängiltig ordlista. De förklaringar och beskrivningar som förekommer nedan är därför definierade utifrån gruppens tolkningar som har uppkommit under arbetets gång och kan därmed betraktas som projektets och rapportens ordlista.

- **Avlopp och avloppsvatten** – refererar generellt till avfallsvatten eller spillvatten från hushåll, industrier och andra källor, samt dagvatten för kombinerade avloppssystem där dagvatten blandas med spillvatten.
- **Avloppsfraktioner** – olika typer av avloppsvatten, till exempel svartvatten, gråvatten, industrispillvatten.
- **Avloppsreningsverk** används istället för reningsverk.
- **Behandlat spillvatten** - det vatten som leds från avloppsreningsverk/resursanläggning till recipient.
- **BOD** - biokemisk syreförbrukning (biochemical oxygen demand) är ett mått på vattnets innehåll av syreförbrukande organiskt material.
- **Bräddning** - tillfälligt utsläpp av orenat avloppsvatten till följd av ett kraftigt regn eller ett tekniskt fel på ett avloppsreningsverk eller ledningsnät/pumpstation.
- **Cirkulära lösningar** – lösningar som främjar återanvändning, minimerar avfall och använder resurser effektivt genom återvinning och förlängd livslängd. Konceptet är nära knutet till principerna för cirkulär ekonomi och innebär att lösningar minskar användandet av jordens resurser.
- **Dagvatten** avser regn och smältvatten som rinner av från byggnader, infrastruktur och andra hårdgjorda ytor. I rapporten har dagvatten exkluderats som egen avloppsfraktion för resursutvinning.
- **Fekalier** används istället för avföring.
- **Gråvatten** används istället för termen BDT (bad, disk och tvätt).
- **Hushållspillvatten** avser spillvatten från hushåll.
- **Industrispillvatten** avser spillvatten från industri.
- **Jordbruksmark** används istället för åkermark.
- **Källsorterade avloppsfraktioner** används istället för källsorterande eller källseparerade.
- **Källsorterande system** avser avloppssystem som delar upp spillvattenfraktionen, exempelvis urinsorterande eller svartvattensorterande system.
- **Metaller** används istället för tungmetaller då detta begrepp med sin definition inkluderar både giftiga och livsnödvändiga metaller.
- **Mineralgödsel** används istället för konstgödsel.
- **Näringsämnen** avser växtnäringsämnen som växter behöver för att kunna växa.

- **Patogener** används istället för smittoämnen.
- **Recipient** - vattenförekomst som tar emot behandlat avloppsvatten.
- **Resursanläggning** avser ett avloppsreningsverk som i mycket hög grad tillvaratar de resurser ur spillvatten eller avloppsfraktioner som kan tas omhand.
- **Scenario** – tänkbar utveckling av en händelsekedja som sträcker sig en längre bit in i framtiden.
- **Slamkol** används istället för slambiol och biokol.
- **Spillvatten** används istället för avloppsvatten där avloppsvatten avser strömmar från gråvatten, svartvatten, ev. industrispillvatten och tillskottsvatten.
- **Struvit** – kristaller som består av magnesium, ammonium och fosfat. Struvitbildning kan ske naturligt eller genom tekniska processer.
- **Svartvatten** används istället för klosettwater.
- **Tekniskt vatten** avser här vatten som kommer från avloppsreningsverk och som återanvänds i någon tillämpning, exempelvis som kylwater.
- **Tillskottsvatten** beskriver ovidkommande vatten i olika avloppsfraktioner, inklusive dagwater i duplikata spillvattensystem. Ett vatten som oavsiktligt tillförs avloppssystemet och som oavsett föroreningsmängd när det kommer in till systemet blandas med övrigt avloppsvatten och blir avlopp.
- **Urinsortering** används istället för urinseparering.
- **Vattenverk** är en anläggning som tillhandahåller dricksvatten. Dricksvattenverk är också en allmänt vanligt förekommande term.
- **Återanvändning** innebär att resursen används i sin befintliga form utan omfattande behandling eller omvandling till en ny produkt. Exempel på återanvändning enligt denna rapport definition är bevattning med vatten som renats genom dagens avloppsvattenbehandling, samt spridning av slam och svartvatten som endast har hygieniserats och/eller lagrats. Återanvändning rankas högre i avfallshierarkin än återvinning.
- **Återvinning** används istället för utvinning och innebär att en ny produkt skapas. Exempel kan vara rening av vatten till specifik kvalitet utöver traditionell rening eller produktifiering av växtnäring från slam. Begreppet kan även användas när energi återvinns. Återvinning av näring vid avloppsreningsverk inkluderar allt annat än slamspridning, såsom termisk behandling, återvinning från rejektwater med mera.
- **Återvunnet vatten** används istället för avloppsvatten där vatten renats upp till en annan reningsgrad än dagens konventionella avloppsvattenrening och där vattnet återanvänds i en tillämpning där det kan ersätta andra vattenströmmar.

# Projektgruppens tack

Projektgruppen vill tacka alla som har bidragit med sin kunskap, sina erfarenheter och sina synpunkter under arbetet med delsynteserna. Detta inkluderar både ett otal kollegor vid respektive projektpart, handläggare och kontaktpersoner vid de olika nationella myndigheter som ingår i fokusgruppen, samt de många engagerade personer som ingick i projektets öppna samverkansgrupp bestående av VA-organisationer, forskningsorganisationer och högskolor/universitet. Deras insatser har varit avgörande för att skapa denna rapport. Ingen nämnd, ingen glömd. Projektgruppen vill även tacka projektets interna expertgranskare Inga Herrmann (LTU), Håkan Jönsson (SLU), Kenneth M. Persson (LTH), och Daniel Hellström (Norrvatten), som har stöttat projektet med sin expertkunskap i varierande omfattning.

Projektgruppen vill även tacka projektets interna expertgranskare Inga Herrmann (LTU), Håkan Jönsson (SLU), Kenneth M. Persson (LTH), och Daniel Hellström (Norrvatten), som har stöttat projektet med sin expertkunskap i varierande omfattning och även Daniel Ddiba (SEI) för bidrag till delsyntesen om verktyg.

# 1. Inledning

I denna inledande del av Syntesrapporten ges en kort översikt över projektet. Här presenteras aktuella begränsningar som finns i det utförda arbetet och olika grundläggande och övergripande terminologier och aspekter som är nödvändiga att diskutera innan syntesprojektets arbete kan presenteras i de efterföljande delarna av rapporten. Här ges också en kort bakgrund till varför ett effektivare resursutnyttjande av resurser ur avlopp är en viktig del i en omställning mot hållbarare samhällen.

## 1.1 Om syntesarbetet

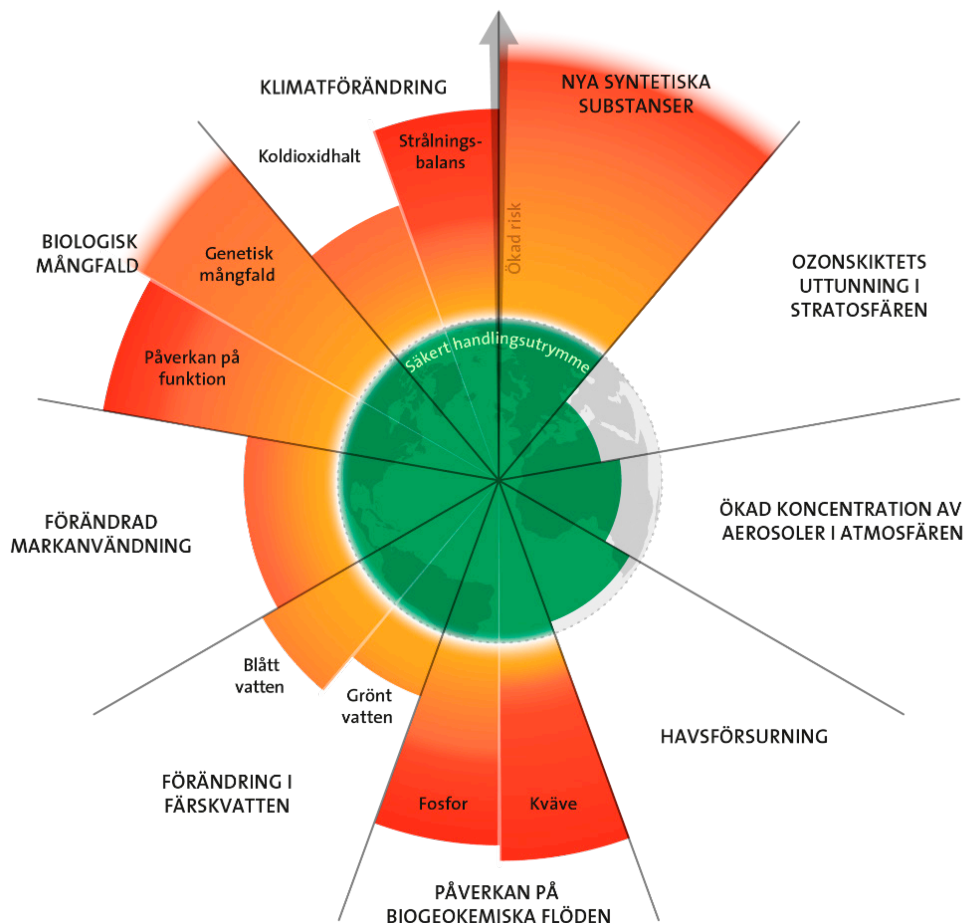
Vårt avloppsvatten utgör ett enormt resursflöde i samhället. Förutom vattnet, som i sig är en livsviktig resurs, innehåller spillvatten en mängd andra resurser som är viktiga för vår miljö och för vår ekonomi. Detta innefattar bland annat näringsämnen, energi, och kol. Att nyttja dessa resurser på ett effektivt sätt är avgörande för att skapa ett mer hållbart och resilient samhälle med giftfria och resurseffektiva kretslopp.

Avlopp och i synnerhet spillvatten från hushåll har under det senaste seklet ofta betraktats som en oattraktiv restström från samhället som snabbt och effektivt ska avlägsnas. I verkligheten innehåller avloppsvatten flera värdefulla resurser, som både kan och bör nyttjas. För att öka nyttjandegraden av resurser ur avlopp och för att ändra synsättet från ett linjärt till ett cirkulärt system krävs dock en omställning. Genom detta projekt har vi fått möjligheten att belysa var i systemet vi står och vad som behövs för att nå denna omställning.

I dagens samhällen ökar bristen på bland annat vatten och fossilfri energi. Sverige utgör inget undantag. Även om bristen på näringsämnen såsom kväve och fosfor ännu inte är akut, kan försörjningen av dessa ämnen till det svenska jordbruket bli en utmaning i framtiden. Att ständigt addera jungfruliga resurser till systemet innebär dessutom att mängden av respektive resurs inte är i balans med systemet, och hanteringen riskerar hamna utanför de planetära gränserna. Komplexa globala leveranskedjor medför även risker för försörjningssäkerhet i kristider och hållbarhetsaspekter blir svåra att påverka. Att produktionen av mineralgödsel idag baseras på utvinning av ändliga resurser och användning av fossil energi understryker vikten av att övergå till en cirkulär användning av avloppets resurser.

En traditionell och linjär vattenhantering står inför många nya utmaningar. Det skapas problem i sig av att vi flyttar runt (söt)vatten, använder det, förorenar det, renar det och sedan återför det, ibland till saltvatten. Dessutom, i dagens moderna samhälle, där nya kemikalier ständigt introduceras på marknaden, förorenas vattnet med allt fler komplexa och okända ämnen. Dagens system innebär att både direkta och indirekta utsläpp av föroreningar till miljön förekommer. Det förekommer också ett stort resursbruk som bland annat återspeglas i det faktum att sex av de nio planetära gränserna som används för att beskriva planetens tillstånd, redan överskrids enligt en nyligen genomförd bedömning (Richardson et al., 2023). Figur 1 visar hur konceptet för planetära gränser ser ut avseende nio specifika parametrar såsom klimatförändring, biologisk mångfald, förändrad markanvändning med mera. Den gröna zonen anger gränsen för vad som kan

betraktas som ett säkert handlingsutrymme. Hanteringen av avloppsvatten och resurserna i det påverkar de flesta av de planetära gränserna. Avloppsvattenhantering påverkar i synnerhet fosfor och kvävecykeln, klimatpåverkan, vattenanvändning och biologisk mångfald, men påverkar även transportvägar för nya syntetiska substanser.



Figur 1. Konceptet för planetära gränser efter nio specifika parametrar, från förändring i färskvatten, förändrad markanvändning, biologisk mångfald o s v. Bild från Richardson et al. (2023).

Det finns ett stort antal rapporter om att vår alltför omfattande exploatering av naturresurser leder till ökad påverkan av klimat och biodiversitet. Ett nyligen publicerat tillskott är UN:s Global Resources Outlook (2024) som poängterar att en ökad resursanvändning är den främsta drivkraften bakom den planetära krisen. Intresset och acceptansen för att ställa om har funnits under en längre tid i Sverige, men det krävs konkreta satsningar för att en förändring ska åstadkommas. Här spelar myndigheter en viktig roll då deras inställning och agerande i hög grad påverkar andra aktörers möjlighet till omställning.

En ökad efterfrågan på produkter som kan utvinnas från avloppsvatten och avloppsslam såsom vatten, energi, näringsämnen, men även organiska fettsyror och polymerer, har på senare år lett till en snabb utveckling inom detta område även i Sverige. I takt med övergången till en mer cirkulär ekonomi växer antalet innovativa tekniker och system för att återvinna och återanvända resurser från avlopp. Trots att andra delar av världen, men även aktiviteter i Sverige, har visat



hur hållbar resursutvinning från avloppsvatten kan genomföras, går implementeringen av sådana tekniker långsamt framåt i Sverige. Detta kan delvis bero på bristande kunskap, finansiering och personella resurser, och motstånd mot förändring i befintliga strukturer, samt oklarheter kring risker och fördelar med dessa nya cirkulära metoder. Oro och förväntningar för kommande regelverk kan också bidra till att omställningen hittills inte gått speciellt fort, trots ett intresse för frågorna.

Mot bakgrund av ovan har syntesprojektet syftat till att stödja både offentliga och privata aktörer i omställningsprocessen genom att samla och tolka den befintliga kunskapen och utforska möjliga lösningar för ökad implementering av cirkulära metoder. Projektet har involverat ett stort antal aktörer inom myndigheter, kommuner, akademi, med flera, för att syntetisera den befintliga kunskapen och säkerställa att resultaten är relevanta och användbara för beslutsfattare och yrkesverksamma inom området. Ett viktigt mål med syntesen och samarbetet med myndigheter och andra aktörer har varit att bidra till en mer effektiv överföring av kunskap om cirkulära tekniker och system för hantering av avlopp. Det senare är till stora delar något som redan har ägt rum i samband med syntesarbetet där det redan skett ett stort kunskapsutbyte genom bland annat dialogmöten med berörda aktörer.

En utmaning för projektet har varit att många aktörer som bedömdes inneha relevant kunskap, inte har kunnat medverka i den omfattning som de själv önskade på grund av generell resursbrist. En försvärande faktor var till exempel det remissarbete som det nya avloppsdirektivet innebar och som vissa aktörer behövde prioritera. Även om den presenterade syntesen bedöms spegla en samlad bild av kunskapsläget, baseras den således på den kunskap som involverade aktörer och Projektgruppen besitter.

Projektet har ett tydlig fokus på bästa tillgängliga kunskap och erfarenhet från praktiken, som till stor del bygger på en syntes av inspel från olika aktörer, personlig kommunikation, grålitteratur och även opublicerad kunskap. En mer vetenskapsbetonad evidenssyntes, som skulle omfatta forskningsresultat från litteratur om teknologier och system föreslogs i en kompletterande ansökan som dock inte beviljades medel och därmed inte finns med i föreliggande syntes.

Denna syntes fokuserar primärt på resurser i avlopp som hanteras kollektivt, vilket därmed utesluter enskilda avlopp och industriavlopp, även om dessa tas med i beaktning vid relevans. Inte heller dagvatten tas med som specifik fraktion, även om det rent juridiskt sett är klassat som avloppsvatten. Däremot har vi inkluderat information om att dagvatten, via inläckage till spillvattenledningar, bidrar med både en ökad resursförbrukning, utmaningar med bräddningar och oönskade föroreningar. Ett återbruk av resurser i dagvatten kan dock principiellt också ske, vilket även pågående projekt i Sverige visar. Vid återbruk av dagvatten behöver utmaningar med bland annat potentiellt höga föroreningshalter och debiteringen av förbrukningen tas med i bedömningen.

Föreliggande slutrapport inkluderar och reflekterar över innehållet från de olika delsynteser som har tagits fram inom projektet i samarbete med nämnda aktörer enligt ovan. I delsynteserna finns ett mer grundläggande underlag och referenser som synteserna bygger på. Denna slutrapport utgör Projektgruppens syntetisering av kunskapsläget och bygger på delsynteserna. Slutrapporten innehåller få referenser, och för fullständig referenshantering hänvisas till respektive delsyntes. Dock baseras även delsynteserna till stor del av kunskap och erfarenheter som inhämtats från olika aktörer i Sverige i samband med öppna projektmöten, dialog med expertgranskare, inspel under den öppna granskningen av



Projektgruppens delsynteser, med mera. Delsynteserna som presenteras i bilagan är indelade på samma sätt som huvudrapporten och sammanfattas och diskuteras i nedan angivna avsnitt.

- Delsyntes 1: Tillgång, behov, dagens återbruk och framtidens potential (avsnitt 2.1)
- Delsyntes 2: Tekniker och system (avsnitt 2.2)
- Delsyntes 3: Existerande policy, lagar och styrdokument (avsnitt 2.3)
- Delsyntes 4: Acceptans, risker och verktyg (avsnitten 2.4 och 2.6)
- Delsyntes 5: Möjliga framtidsscenarioer för återvinning och återanvändning av avloppsresurser (kapitel 3)

## 1.2 Vad definierar hållbarhet?

Begreppet hållbarhet kan ha många olika betydelser, men definitionen betonar oftast en balans mellan ekonomisk, miljömässig och social hållbarhet. Detta innebär att en hållbar hantering av avlopp inte bara handlar om att minimera vår påverkan på miljön, utan även att beakta de ekonomiska och sociala konsekvenserna av vårt bruk eller icke-bruk av dessa resurser. En hållbar hantering av avlopp har dessutom som basfunktion att skydda och främja människors hälsa genom att undvika uppkomst och spridning av sjukdomar. Hållbarhet sträcker sig dessutom över olika dimensioner och perspektiv. När till exempel hållbar resursutvinning från avlopp diskuteras är valda systemgränser avgörande för om ett hanterings-sätt bedöms som hållbart eller ej. En process kan därmed bedömas som mer eller mindre hållbar beroende på hur systemgränsen definieras.

Inom syntesprojektet utgör Sverige systemgränsen för inventering av resurser från avlopp och möjligheter att ta vara på dessa. Samtidigt påverkas Sverige internationellt på många olika sätt och speciellt avseende tillgång till resurser, särskilt de fossila. Miljöpåverkan sker vidare framför allt på en global nivå. Strävan efter att uppnå hållbarhet för Sverige och för planeten i sin helhet görs genom att respektera dess planetära gränser även nationellt (Figur 1), samtidigt som vi tillgodoser samhällets behov. Sverige kan inte ensam lösa alla utmaningar, något som redan är etablerat i vårt arbete med klimatet. Arbetet är en kollektiv insats på grund av den globala samverkan av naturliga och människoskapade processer. Sverige kan dock genom bland annat implementering av cirkulära lösningar visa vägen till ett hållbart samhälle och samtidigt begränsa negativa effekter av resursbrist och miljöpåverkan nationellt.

För att en återanvändning eller återvinning av resurser ur avlopp ska kunna anses hållbar bör den leda till vinster för miljön och för samhället. En utmaning med att definiera hållbarhet är hur miljö- och samhällsvinster av olika hanterings-sätt för avlopp ska värderas, trots att flera metoder och verktyg har utvecklats (se detaljer i avsnitt 2.6). Detta påverkar både acceptans och riskförståelse för olika hanterings-sätt och därmed hur hållbara dessa uppfattas (se även 2.4). Mot bakgrund av ovan diskussion krävs en holistisk syn och ett engagemang för att ta fram och implementera hållbara lösningar som innebär att en balans uppnås mellan samhällets behov och planetens förmåga att stödja dessa behov på lång sikt.

### Funderaren – om vikten av ett breddat perspektiv

På många platser utforskas utökning av kapaciteten för avloppsrening på grund av befolkningstillväxten. Förslag om enorma investeringar i nya eller uppgraderade reningsverk diskuteras flitigt. Men om vi breddade vårt perspektiv och inte bara övervägde kapacitetsökningar, utan även undersökte hur förändrade system skulle påverka resurseffektiviteten och kostnaderna? Vilka konsekvenser skulle det få? Tänk om vi även övervägde lokal gråvattenbehandling i nya områden, skulle det kanske minska behovet av nya huvudledningar och reningsverkskapacitet, samtidigt som det möjliggör återvinning av vatten och värme på lokal nivå? Hur skulle en minskad utspädning av avloppsvatten, som leds till reningsverket, påverka utsläppen och mängden källaröversvämningar? Att bredda perspektivet på dessa utredningar kan ge nya lösningar och möjligheter för hållbar avloppshantering.

## 1.3 Effektiv resursanvändning först!

Att effektivisera resursflödena är essentiellt för en hållbar samhällsutveckling. Genom effektivisering minskas mängden resurser som behövs, och därmed kan en större del av behovet täckas av cirkulära resurser. I tillägg minskas det totala resursuttaget och miljöbelastningen på vår planet.

Även om rent dricksvatten ännu inte är en bristvara på nationell nivå i Sverige, till skillnad från i andra länder, så skapar en ineffektiv och felaktig användning en icke nödvändig miljöpåverkan. Till exempel frambringar dagens vattenhantering ett överflödigt uttag av vatten, vilket är en stor resursförbrukning i samband med rening av såväl dricksvatten som avloppsvatten, och ett överflödigt stort utsläpp av förbrukat och förorenat vatten tillbaka till miljön. En resurs som inte används i onödan löper inte heller lika stor risk att förorenas eller att bli en förorening. Ett slöseri med resurser, som till exempel kan pådrivas genom en felaktig värdering av resursen, riskerar även att minska förståelse och acceptans för mer hållbara lösningar inklusive beteendeförändringar, både på individuell och samhällelig nivå.

Bortsett från att resurser ska användas sparsamt för att samhället ska kunna hålla sig inom de planetära gränserna, något som illustrerades i Figur 1, så öppnar en resurseffektivisering även upp möjligheter för en ökad grad av självförsörjning genom återvinning och återanvändning av resurser från exempelvis avlopp. Vid effektivisering av till exempel användningen av gödsel och andra näringsämnen i jordbruket erhålls andra vinster i form av minskad övergödning i våra vattendrag och i förlängningen en förbättrad vattenkvalitet. Även en större andel av behovet kan tillgodoses via en utvinning av näringsämnen från avlopp, vilket också minskar vårt beroende av externa resurser och skapar en mer cirkulär ekonomi.

I det nya avloppsdirektivet, som presenterades i sin helhet i mars 2024, dras också paralleller till avfallshanteringen där krav ställs på hantering av avloppsresurserna. Medlemsstaterna ska därför följa avfallshierarkin som återfinns i EU:s avfallsdirektiv vid denna hantering. Krav på minimering av uppkomst av avfall och på återanvändning och återvinning av resurser nämns i direktivet. Utöver detta ställs det krav på att minimering av risker för människors hälsa och miljö ska tas i beaktande.

Den minsta möjliga miljöpåverkan kommer ofta från undvikande av att i onödan ta resurser i anspråk. För varje resurs som används tillkommer miljöpåverkan i alla delar av resursens livscykel, exempelvis vid produktion, distribution, eventuell rening och avfallshantering. Man kan därför anse att den mest effektiva resurshanteringen ofta är den mest hållbara. Ju mindre resurser vi behöver ta i anspråk, desto mindre blir normalt sett även avtrycket i andra resurser som krävs. Resurseffektivitet och en ökad cirkularitet passar dessutom bra ihop i avloppssammanhang – att minska mängden av olika flöden medger oftast en enklare hantering av såväl resurserna i sig som de föroreningar som kan följa med. **Resurseffektivisering är således själva kärnan av ekonomisk, miljömässig och social hållbarhet.**

#### Funderaren - om urinoarer och hållbarhet

I offentliga byggnader används tusentals vattenspolande urinoarer. Hur hållbart är det att vi slösar dricksvattenresurser och späder vårt avloppsvatten i denna tillämpning när det samtidigt finns fullt fungerande vattenlösa urinoarer på marknaden? Vilka fler resurser skulle kunna sparas om urinen dessutom skulle samlas in och återanvändas från dessa urinsorterande installationer?

## 1.4 Avlopp som avfall eller resurs?

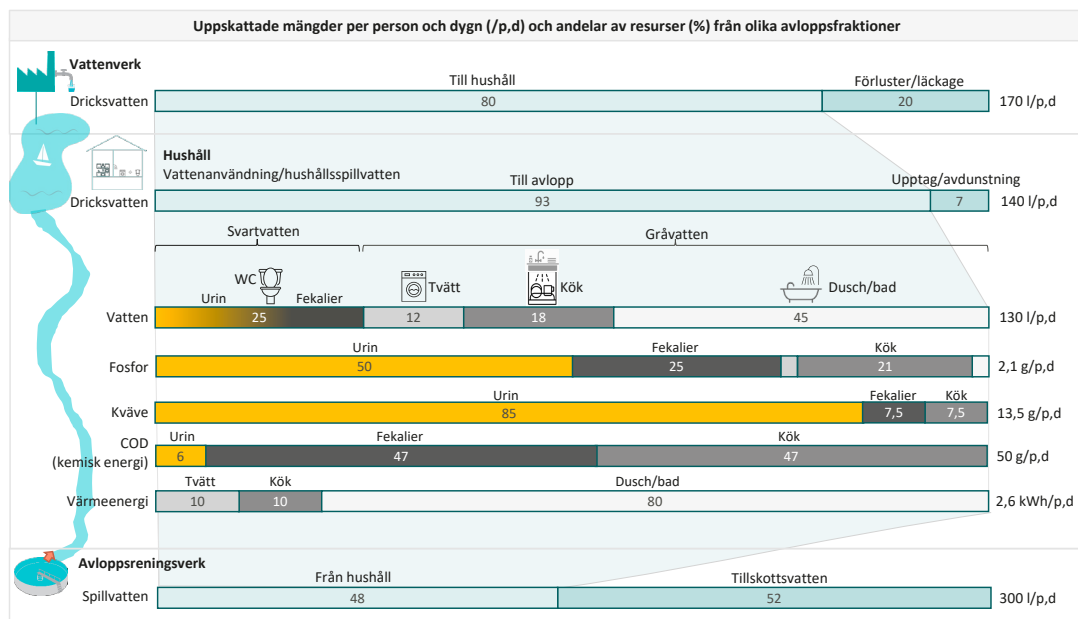
Trots en viss förändring i synen på olika avloppsfraktioner ses avlopp fortfarande huvudsakligen som en avfallsprodukt som samlar upp samhällets många föroreningar. Utifrån denna tanke utgör även avloppsreningsverk primärt en samlingspunkt för alla dessa emissioner, där en rening från föroreningar som bedöms prioriterade behöver göras. De restprodukter som uppstår vid denna rening avlägsnas därefter på enklaste sätt. Förutom delvis utvinning av näringsämnen genom slamåterföring och energi via biogasproduktion, anses de andra beståndsdelarna i avloppet vara problem som VA-huvudmannen behöver hantera eller bli av med. För näringsämnena finns även en pedagogisk utmaning. När de återfinns i vattenfasen anses de vara viktiga föroreningar som reningsverken är utformade för att rena bort och avlägsna. Trots att de utgör grundläggande komponenter för allt liv och är avgörande för vår överlevnad när de finns i rätt mängd och på rätt plats, är det inte lika välkänt bland allmänheten som att de är föroreningar som kan orsaka övergödning i våra vatten. Näringsämnena är således samtidigt en förorening och en resurs, beroende på om den utnyttjas eller ej.

### Funderaren - om halt-krav på utsläpp kan leda fel

Befintliga och kommande reningskrav för kväve och fosfor vid avloppsreningsverk är främst formulerade som haltkrav i utgående vatten. Krav på lägre halter, likt skrivelsen i det nya avloppsdirektivet, ger således mindre utsläpp av både kväve respektive fosfor. Men även mängden tillskottsvatten påverkar utsläppen av kväve och fosfor. Vid en minskning av tillskottsvatten från exempelvis nuvarande cirka 50 % (Figur 2) till 20 %, skulle utsläppen av både kväve och fosfor minska med 40 % vid oförändrade haltkrav. Ett mindre utspätt spillvatten öppnar dessutom upp för en effektiv återvinning av resurser och mindre resursbehov för rening.

Figur 2 nedan är en schematisk beskrivning av vattnets väg från naturliga vattenresurser, till användning i hushåll, och slutligen till behandling vid avloppsreningsverk och återföring till vattenmiljön. Figuren är en produkt av Projektgruppens samlade bedömning och illustrerar hur ineffektivt vatten hanteras och används idag, bland annat visas hur vattenkonsumtionen ser ut i hushållen och hur värmeenergi fördelas på det använda vattnet. En ingående beskrivning av hur mängderna är beräknade finns att läsa i Bilaga 6.1, där använda referenser och antaganden för beräkningen är presenterade. Figur 2 visar dessutom vilka möjliga resurser som tillförs vattnet på väg genom hushållen. Utöver det som visas i figuren tillkommer hantering av vatten i offentliga nybyggnader och industrier.

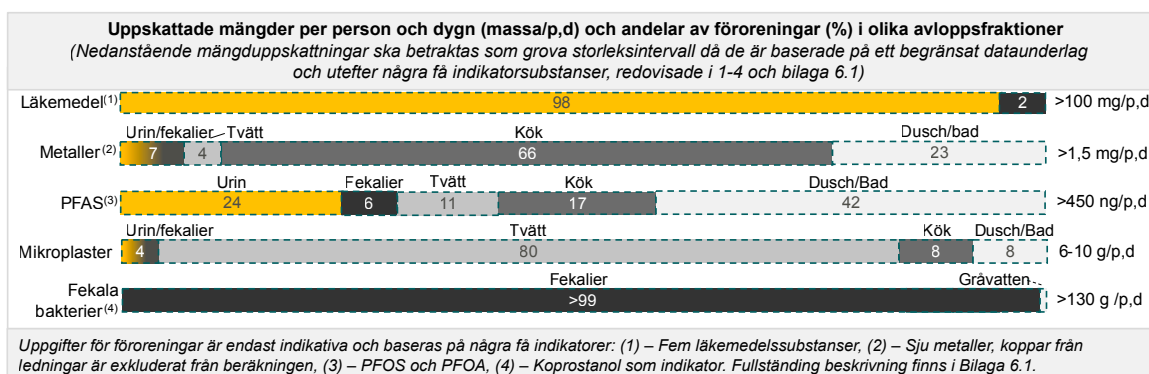
En stor del, ca 20 %, av den värdefulla resursen dricksvatten, som redan idag delvis kräver omfattande resurser för att produceras på grund av ökande kontaminering av våra naturliga vattenresurser, går förlorad på vägen till användning. I hushållen används samma värdefulla resurs för alla användningsområden, även om endast en bråkdel av dessa skulle kräva den höga kvalitet som dricksvatten innehar. De olika användningarna förorenar vattnet i olika grad och med olika ämnen, men blandas efter användning för att sedan transporteras till avloppsreningsverk. På grund av tillskottsvatten som läcker in i våra avloppsledningsnät ökar mängden spillvatten som behöver hanteras vid avloppsreningsverken i genomsnitt med mer än den dubbla mängden. Detta leder inte bara till behov av större anläggningar för att hantera avloppsflöden, utan även till en onödig resursanvändning för att behandla ett mer utspätt vatten, antingen för rening eller för resursutvinning.



Figur 2. Schematisk beskrivning av vattnets väg från vattenverk till hushåll relativt olika resurser såsom fosfor, kväve och energi angivna i procent som återfinns i vatten. Vattnets väg beskrivs från hushållens påverkan på avloppsvattens innehåll till avloppsrening, slutdestinationen. För mer detaljerad beskrivning av hur siffrorna är beräknade hänvisas till Bilaga 6.1.

I hushållen används dricksvatten i första hand för personlig hygien såsom toalett, dusch och bad, samt i viss mån även för tvätt och disk. Enligt illustrationen i Figur 2, tillförs de olika användningsområdena olika mängder resurser. Näringsämnen kommer till exempel främst från svartvatten, i form av urin och fekalier. Kemisk energi kommer främst från fekalier och disk, medan värmeenergi främst tillförs från dusch/bad.

Med avseende på föroreningar så visas ett urval i Figur 3. Som figuren indikerar hamnar läkemedelsrester, på grund av vår konsumtion av mediciner, i svartvatten via urin och fekalier. Här är mängden och fördelningen endast baserad på fem läkemedelssubstanser, vilket innebär att uppskattningen är grov och endast en indikation. I svartvatten hamnar även fekala bakterier. För per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS) och metaller, bidrar både svart- och gråvattenfraktioner i olika grad. Källor för dessa är till exempel intag via livsmedel inklusive dricksvatten, matrester i diskvatten, samt halter som redan finns i dricksvatten och där mängden i avlopp därmed bestäms av mängden dricksvatten som används för de olika användningsområdena. Även ledningar kan bidra med framför allt koppar till vattnet, men detta har vi inte inkluderat för våra beräkningar. Eftersom PFAS återfinns i många produkter, är det troligt att dessa ämnen återfinns i flera avloppsfraktioner men underlaget som återfinns är främst fokuserat på PFAS-mängder i urin, fekalier och blod, varför halterna av PFAS i svartvatten har kunnat uppskattas bättre relativt de andra fraktionerna. Det är dock säkerställt att PFAS bidrar till de andra fraktionerna också eftersom de återfinns i kök vid disk av teflonpannor och som aktiv substans i spolglans, tvättvatten på grund av tvätt av PFAS-textilier och impregnering av allväderskläder. Mikroplaster som tillförs spillvatten via hushåll kommer dock främst från tvätt av textilier med syntetfiber.



Figur 3. Schematisk beskrivning av uppskattade utsläppsmängder av olika föroreningar angivna i procent som återfinns i hushållspillvatten. Även fördelningen mellan olika fraktioner är beräknad. För mer detaljerad beskrivning av hur siffrorna är beräknade hänvisas till Bilaga 6.1.

Det bör nämnas att de presenterade mängderna i Figur 3 är grova uppskattningar och att för vissa föroreningar såsom PFAS, har underlaget varit knapphändigt. Ut-över nämnda avloppsfraktioner tillkommer det även föroreningar till avloppsvattnet som behandlas vid avloppsreningsverk via den stora mängd tillskottsvatten som tillförs spillvattennätet (Figur 2). Ämnen som kan nämnas här är både metaller, PFAS och mikroplaster, där mer än hälften av mängden vid avloppsreningsverk kan härröra från andra källor än hushållspillvatten såsom tillskottsvatten och industrispillvatten.

Mängden mikroföroreningar som tillförs i genomsnitt per person är relativt väl studerat men inte lika väl underbyggt som för närsalter. Mängderna mikroföroreningar i svartvatten kommer dock främst genom utsöndring av konsumerade ämnen, och mängderna av exempelvis läkemedel kan generellt antas vara relativt låga sett till de exponeringsvägar som finns via svartvattenfraktionen. Tillsammans med andra källor som till exempel grävatten och tillskottsvatten utgör mikroföroreningar, vilka ofta är persistenta föroreningar, en utmaning om de återförs till miljön och kretsloppet.

Som Figur 2 indikerar är vattnet vi hanterar i våra VA-system redan sammanlänkade. Kvaliteten på vårt dricksvatten och vad vi gör med det påverkar i sin tur avloppskvaliteten. Något som ibland tenderar att glömmas bort är också att det på många platser i Sverige redan också finns en koppling mellan den ena ortens utsläppta avloppsvatten till den andra ortens råvattenuttag för dricksvattenproduktion. Detta trots att systemen inte är utformade att vara "cirkulära". För vatten åskådliggörs detta av att vi tar ut ett råvatten från en sötvattenresurs, för att efter användning lämna tillbaka vattnet mer förorenat till miljön, vanligen till en annan vattenresurs. Denna vattenresurs kan i sin tur utgöra en resurs för ett annat råvattenuttag. Mälaren är ett bra exempel där flera större städer runt sjön tar sitt dricksvatten från andra vattenkällor än Mälaren, medan det renade avloppsvattnet från dessa städer släpps ut till Mälaren. En rad dricksvattenverk använder Mälaren som råvattentäkt. Denna hantering är varken hållbar eller fungerande på lång sikt utan en anpassning av vår avloppshantering. Det bör noteras att samtidigt som avlopp är en viktig resurs, behöver föroreningar som medföljer hanteras på ett lämpligt sätt.

**Det är viktigt att förstå att en möjlig resurs i avlopp såsom vatten, näringsämnen och energi, endast är att betrakta som en resurs om den nyttjas. Nyttjas inte resursen, kan den ofta i stället utgöra en förorening som kontaminerar miljön och de naturliga resurser som samhället idag och i framtiden behöver.**

## 1.5 Återanvändning och återvinning

Återanvändning syftar till ett nyttjande av en befintlig resurs utan att några extra behandlingssteg för att separera ut resursen har genomförts. Till exempel om en relativt ren avloppsfraktion som gråvatten skulle återanvändas till bevattning. Återanvändning har fördelar genom att det ofta är resurseffektivt, innebär få insatskemikalier och att lite energi tillförs för att kunna nyttja resursen i fråga. Nackdelen är att även eventuella föroreningar som finns i avloppsfraktionen kan finnas kvar vid återanvändningen. För resurser i avlopp är en direkt återanvändning utan extra behandling dock vanligtvis inte möjligt. Slam som sprids på åkermark för en näringsåterföring genomgår exempelvis vanligen först en behandling i form av långtidslagring. Definitionen mellan återanvändning och återvinning kan därför bli svår att dra. Projektgruppens begrepp i underliggande rapport skiljer sig från tolkningar av avfallsdirektivet i och med att slamspridning i denna rapport och i underliggande delsynteser beskrivs som återanvändning.

En återvinning, eller även en utvinning, av resurser från avlopp, däremot, innebär att resursen separeras från en specifik avloppsfraktion genom olika tekniker och till olika renhetsgrader. Detta betyder att föroreningar ofta kan avskiljas. Efter återvinningen kan sedan resursen återigen användas för olika ändamål. En resursåtervinning kräver generellt en högre resursförbrukning än en resursåteranvändning och det senare bör således prioriteras utifrån ett hållbarhetsperspektiv, åtminstone så länge föroreningsgraden tillåter detta. Resursbehovet för återanvändning och återvinning av en resurs kan dock variera kraftigt och styrs bland annat av i) hur koncentrerad resursen är i en avloppsfraktion och ii) till vilken grad denna avloppsfraktion är kontaminerad med oönskade ämnen.

Både återanvändning och återvinning av en resurs kan i princip ske i cykler så länge resursen föreligger i en lämplig form i avloppsfraktionen. En återanvändning av avloppsfraktioner med syfte att nyttiggöra resurser hindras mest av hur kontaminerad resursen är av olika föroreningar. Även om en resurs återvinns från avlopp, kan det i vissa fall vara svårt att nyttiggöra den när den utvinns i en form som inte accepteras av marknaden, något som även diskuteras i avsnitt 2.4. Att en resurs kan utvinnas från avlopp med hjälp av en specifik teknik behöver inte nödvändigtvis innebära att det också är den mest hållbara hanteringen för en resurs.

Typiska exempel för återanvändning av resurser från avlopp kan vara direkt återanvändning av orenat avloppsvatten. Detta görs inte i Sverige idag på grund av kombinationen av närvaro av föroreningar i avloppsvatten och tillgången på andra vattenkällor som oftast är relativt god. Andra former av återanvändning av resurser i avlopp kan vara spridning av avloppsslam på jordbruksmark, för att återanvända näringsämnen. Vid slamspridning finns det dock farhågor om persistenta mikro-föroreningar som kan spridas till miljön. I dessa fall kan en säkrare återanvändning av näringsämnen åstadkommas med hjälp av en extra behandling av dessa



avloppsfraktioner, antingen för att avlägsna föroreningarna, eller för att utvinna näringsämnen. En annan återanvändning kan vara användning av urin till odling, vilket historiskt haft en helt annan acceptans än slamspridning i fullskaletillämpningar och som nu även vunnit mark i hobbyodling. Bland annat har tips om ”guldvatten” plockats upp i det populära tv-programmet Trädgårdstider, vilket kan indikera att det finns en generell god acceptans bland allmänheten.

**Även vid en återvinning av resurser från avlopp behöver föroreningar hanteras på lämpliga sätt så att dessa inte når miljön via andra vägar. En avancerad rening av avloppsvatten för att kunna ta fram ett rent vatten som kan återanvändas blir endast hållbar om de föroreningar som avlägsnas vattnet inte släpps ut till miljön i ett senare skede, utan istället hanteras på ett lämpligt sätt. En hållbar och cirkulär hantering av resurser från avlopp innebär inte bara ett nyttjande av viktiga resurser, utan även att en återföring av föroreningar till kretsloppet undviks.**

## 1.6 Olika begrepp

Inom projektets fokusområde avlopp används många olika begrepp för att delvis beskriva samma sak, men utifrån olika perspektiv, intressen och kunskap inom området. För nya ämnesområden, där det ännu inte nåtts en konsensus kring benämningar och begrepp, kan otydliga definitioner ofta leda till förvirring. Hur begrepp används av olika intressenter i samhället är inte sällan en utmaning i arbetet för en hållbar hantering av resurser i avlopp. Begreppen kan direkt påverka hur acceptansen ser ut för olika lösningar (mer detaljer i avsnitt 2.4). Även utifrån juridiska aspekter kan olika begrepp ha en särskild betydelse. För att avloppsslam inte längre ska klassas som avfall i juridisk bemärkelse, måste samtliga kriterier enligt avfallsdirektivet för att ”avfall upphör att vara avfall” vara uppfyllda.

Förvirringen kring begrepp har funnits sedan länge. Till exempel används både ”rent vatten” eller ”renat vatten” för att beteckna ett brett spektrum av olika vattentyper och beror ofta på kontext eller intention. Vatten är en av de främsta resurser som finns i avlopp och dess renhet är avgörande för nyttjandet av resursen. Ett bättre begrepp som Projektgruppen förordar är ”behandlat spillvatten” för utgående vatten från avloppsreningsverk och när spillvattnet har genomgått olika grader av behandling innan utsläpp till recipient. ”Återvunnet vatten” bör användas för vatten som har återvunnits från olika avloppsfraktioner och där graden av vattenkvaliteten definierar vattnet och inte ursprunget. Ett återvunnet vatten som har sitt ursprung från grävatten eller spillvatten kan till exempel ha en bättre kvalitet än dricksvatten, men beteckningen ”renat avloppsvatten”, som vanligtvis används, respekterar inte detta faktum och kan även leda till en sämre acceptans.

Även inom Projektgruppen har det förekommit att skilda begrepp används i diskussioner på olika sätt, vilket i vissa fall ledde till missförstånd eller otydlighet. Mot bakgrund av detta har Projektgruppen sammanställt en begreppslista i början av rapporten, vilken har som ambition att definiera vilka begrepp som bör användas i diskussionen kring hantering av avloppsresurser i denna rapport. Att etablera en allmän accepterad och enhetlig terminologi inom området rekommenderas.



### Funderaren - om begreppens betydelse

Användningen av olika begrepp styrs delvis av användarens kunskapsbank och eventuella personliga preferenser, utan att detta nödvändigtvis sker medvetet. För de allra flesta har nog "gödlat med avloppsslam" en annan klang än "odlat med hjälp av lokalt återvunnen växtnäring från avlopp".

## 1.7 Samma mål men många vägar dit

Det finns ingen generell och allomfattande teknik som löser alla problem och beredvilligt leder till en cirkulär hantering av resurser från avlopp samtidigt som det garanterar en riskfri miljö. Utmaningen liknar de flesta andra samhällsutmaningar. Däremot kan berörda aktörer enas kring ett gemensamt mål om att åstadkomma en hållbar och cirkulär hantering av resurser i avlopp som tillgodoser andra krav såsom resurseffektivitet, riskhantering och en enkel implementering. Det finns dock många olika lösningar som kan lösa olika delutmaningar och som i olika kombinationer kan uppnå det övergripande målet om ett hållbart framtids-samhälle. Olika system för hantering av avlopp och olika behov i olika samhällsdelar kräver dock anpassade lösningar för att bli hållbara. I många fall är de bästa kombinationerna av olika tekniker eller lösningsansatser inte uppenbara innan dessa har testats. Utvärderingar i pilotskala, eller även i fullskala, kan behövas för att tekniken verkligen ska kunna bedömas. Det innebär också att lösningar som tidigare ansågs som lämpliga lösningar, idag kan bedömas som icke-hållbara efter genomförda praktiska tester. Dessa misslyckanden är dock också en viktig del i att definiera vilka lösningar som är lämpliga för implementering i vårt samhälle. Dessutom kan teknikerna i olika systemkontexter ge helt olika resultat utifrån en hållbarhetsutvärdering.

En av de viktigaste gemensamma nämnarna för varaktiga lösningar är därför att fokusera på en holistisk systemintegrering, för att i slutändan kunna garantera cirkulära och hållbara lösningar. Hållbara system byggs inte av en enda bra teknik; även en utmärkt teknik kan misslyckas om den inte anpassas till kontexten. Samtidigt kan mindre bra tekniker uppnå hållbarhetsmål om en lyckad kontextbaserad integrering ger synergieffekter som balanserar teknikens tillkortakommanden. De systemgränser och hållbarhetskriterier som väljs blir även här avgörande för vilka lösningsansatser och tekniker som bedöms som mest resurseffektiva för att uppnå hållbara samhällen. En svårighet för omställningen är bristen på referensdata, då det generellt krävs att nya tekniker riskbedöms noggrant innan implementering. Den pågående omställningen till en miljövänligare kvävegödselproduktion kan eventuellt bli ett mer hållbart alternativ globalt än vad dagens mineralgödselkväve är, men innebär likafullt att mer reaktivt kväve tillförs biosfären. På det sättet ökar risken för bland annat övergödning och det blir svårt att hålla sig inom de planetära gränserna. Detta måste tas i beaktande och kunna tillgodoräknas när man vill lämna linjära och ställa om till cirkulära kväveflöden. För att uppnå ett mål kan det således finnas olika vägar, även med tanke på systemgränser, vilket är viktigt att ha med under arbetsprocessen för att uppnå målen. Det finns dock inga hinder att globala och nationella hållbara lösningar kompletterar varandra. Om vi återgår

till exemplet kväve kan det vara nog så viktigt att kunna producera ett mer hållbart mineralgödselkväve som komplement till cirkulära kvävekällor.

Även andra lösningar än tekniker för avlägsnande av föroreningar från en avloppsresurs behöver beaktas i hållbarhetsarbetet och fokus på uppströmsarbete som bedrivits sedan flera decennier i Sverige, är också en viktig ingrediens. Även om uppströmsarbetets syfte ibland felaktigt framställs att ensidigt ha fokus på att förbättra avloppsslamkvaliteten, så är detta endast en av flera positiva effekter av ett fungerande uppströmsarbete. Generellt syftar uppströmsarbete till att undvika utsläpp av föroreningar till spillvatten för att minska arbets- och miljöproblem samt resursanvändning vid avloppsreningsverk som ska hantera dessa föroreningar. Föroreningsbelastningen som undviks in till reningsverket undviks även i reningsverkets utsläpp till vattenmiljön. I nya stadsdelar kan ett aktivt uppströmsarbete inkludera insamling av växtnäringsrika, volymmässigt små flöden, urin eller svartvatten, separat från det större flödet av gråvatten. På så sätt kan mängden växtnäring till reningsverket minskas, och en återvinning/återanvändning av växtnäringen kan förenklas. Ett sådant uppströmsarbete inriktat mot växtnäring minskar också utsläpp av patogener och läkemedelsrester till vattenmiljön.

**Uppströmsarbete ligger således helt i linje med en hållbar hantering av avloppsfraktioner och är en viktig del även i en framtida avloppshantering.**

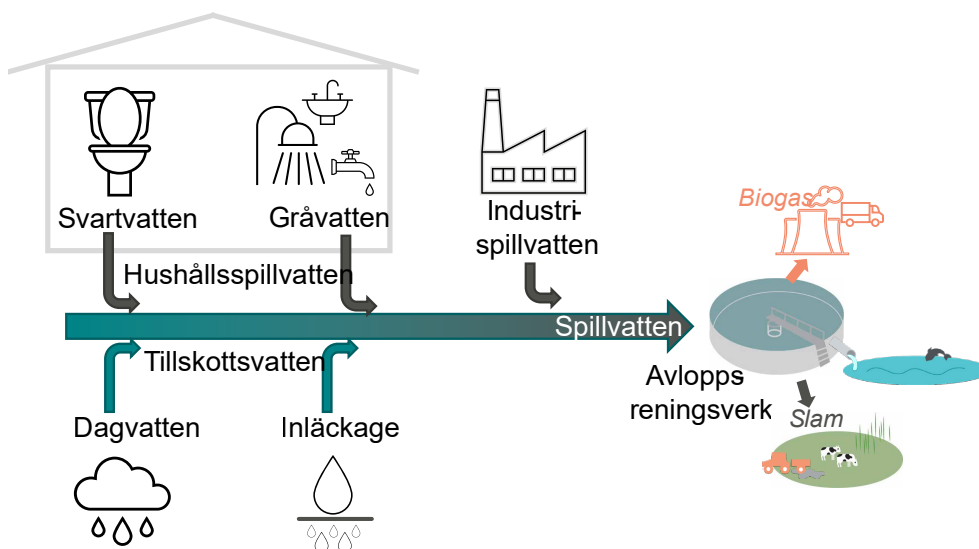
## 1.8 Utmaningar som väntar

Samhället står idag inför omfattande utmaningar, och många av dem är direkt, eller indirekt, kopplade till utmaningar med spillvattenhanteringen. Förutom den dominerande utmaningen med klimatförändringen och överskridande av andra planetära gränser som redan diskuterades i inledande avsnitt (se 1.1) skapar till exempel även urbaniseringen problem för avloppshanteringen. Befolkningstillväxten generellt och omflyttning från landsbygd till storstäder är trender som vi ser i Sverige sedan en tid tillbaka och denna trend består. På sikt innebär detta att städer förtätas och vattenanvändningen och spillvattenproduktionen ökar. Därmed ökar även den negativa miljöpåverkan kopplad till spillvattenhanteringen i städerna.

Det pågår en deglobalisering av olika leveranskedjor som följd av den geopolitiska utvecklingen i världen. **En konsekvens av det geopolitiska läget blir att risken för kriser och därmed strävan efter en ökad nationell resiliens och självförsörjning påverkas, vilket i förlängningen innebär att förutsättningarna för en nationell resurshantering förändras.** Satsningar på en modernisering av VA-infrastrukturen kan kännas olämplig i en tid där både offentliga och privata aktörer hanterar ekonomiska utmaningar med redan kraftigt ökade kostnader på grund av inflation och en geopolitisk situation. Moderniseringen är dock en förutsättning, inte bara för att upprätthålla dagens funktion, utan även för att en ökad nationell cirkulär resurshantering kan möjliggöras. Speciellt systemskiften såsom byte från linjära till cirkulära hanteringssystem kan vara extra krävande, och tar ofta lång tid. Med tanke på VA-infrastrukturens höga investeringskostnader och långa avskrivningstider gäller det i allra högsta grad även systemskiften som omfattar VA-infrastruktur. Eftersom långsiktiga hållbara lösningar inte nödvändigtvis ger de förväntade positiva effekter som önskas inom en mandatperiod blir utmaningarna även stora ur ett politiskt perspektiv. Höga

initiala kostnader, men med långsiktiga, mer långsamma vinster kan vara en utmaning att få igenom politiskt, på såväl europeisk som nationell och lokal nivå.

Figur 4 visar hur dagens hantering av avloppsfraktioner kan relateras till de utmaningar som nämns ovan. En blandning av olika avloppsfraktioner och mycket tillskottsvatten innebär att stora, utspädda och kraftigt varierande avloppsströmmar behöver hanteras vid avloppsreningsverk. Vid för höga flöden vid till exempel kraftigt regn förekommer även bräddningar av orenat spillvatten, eller utsläpp av endast grovrenat spillvatten till miljön. Behandlingen av spillvatten sker framför allt av ämnen som traditionellt ansetts som prioriterade föroreningar såsom kväve, fosfor och lättnedbrytbart organiskt material. De ”prioriterade föroreningarna” är med andra ord önskade resurser, i den mån dessa kan tas omhand och återanvändas i rätt system. Många oönskade ämnen däremot, som vi idag vet har en negativ miljöpåverkan såsom läkemedelsrester och PFAS, kan vanligtvis inte avskiljas eller destrueras vid dagens avloppsreningsverk och transporteras därför vidare till vattenmiljön med utgående vatten eller med slammet till markmiljö. Endast en liten del resurser utvinns från olika avloppsfraktioner där energiåtervinning via biogasproduktion och värmepumpar, samt återanvändning av framförallt fosfor via slamspridning kan nämnas i de fall dessa tekniker tillämpas. Mer om dagens system diskuteras i kapitel 3.1.



Figur 4. Dagens envägshantering av avloppsfraktioner med tekniska end-of-pipe-lösningar utan nämnvärd resursåteranvändning eller -återvinning.

## 1.9 Drivkrafter för ett hållbart samhälle för att bemöta dessa utmaningar

Trots att idén och målsättningen med att uppnå ett hållbart samhälle har funnits i flera decennier agerar samhället mestadels reaktivt istället för proaktivt. Att den negativa miljöpåverkan från både överbruk av naturresurser och en kontaminering av miljön konstaterats sedan länge har hittills inte gett effekten att samhället i stort har ställt om. Klimatanpassningsarbetet är kanske det mest uppenbara exemplet

som visar att oberoende av vår kunskap om de negativa följderna kring klimatet om vi inte agerar direkt, anpassas inte samhället i den omfattning som krävs. En anledning kan vara rädsla för att det skulle påverka vår livsstil negativt. Istället för att investera i förebyggande insatser för att undvika skador, repareras skadorna när de inträffar. Detta inträffar exempelvis vid översvämningar, oberoende av att vi kan förutse utfallet innan skadan inträffar. Vi är på samma gång medvetna om att insatser och kostnader för klimatanpassning ökar med varje händelse och även med tiden som går utan anpassning, och med de ökade utsläpp som sker och spår på klimatiförändringarna. Endast ett faktiskt krisläge förmår oss till insikt och en acceptans att en omställning behövs. Kommuner som till exempel rankats lågt för sitt klimatarbete, men som sedan drabbades av störtregn och skador, hamnar lätt mycket högre på rankingen för klimatanpassningsarbetet några år senare (Hennlock et al., 2023). Inom arbetet med återanvändning av vatten är det därför inte heller förvånande att regioner med återkommande perioder av vattenbrist som Gotland och Österlen driver utvecklingen i Sverige.

Framtagande eller vidareutveckling av relevanta lösningar sker vanligtvis först när incitament för en sådan utveckling finns. Oavsett om det är krav eller ekonomiska intressen som skapar detta incitament, så är det kostnader och eventuella vinster som driver framtagande eller vidareutveckling av lösningar. Kommersiella och andra intressen kan således påverka hur snabbt lösningar kan tas fram och därefter kan den verkliga potentialen av olika lösningar bedömas. Här spelar oberoende organisationer utan vinstintressen i specifika lösningar en viktig roll för att samhället ska kunna utvecklas hållbart baserat på de mest relevanta lösningarna.

Den mest uppenbara och starka drivkraften för att bygga ett samhälle med mer fokus på att tillvarata befintliga resurser generellt är vid en akut krissituation som behöver hanteras. Detta gäller även cirkulära avloppslösningar. Är samhället i en krissituation är det dock oftast inte den bästa utgångssituationen för att implementera de mest hållbara lösningarna. Fokus i dessa situationer ligger snarare på lösningar som kan lösa problemet snabbast, även om dessa inte behöver vara optimala utifrån flera hållbarhetskriterier. **Hållbara lösningar växer fram genom en långsiktig och medveten samverkan av flera berörda aktörer för att ta hänsyn till såväl positiva som negativa effekter.** Detta långsiktiga arbete kräver gemensamma mål och rätt styrmedel för att kunna genomföras eftersom arbetet behöver initieras långt innan en eventuell krissituation uppstår, just för att krisen aldrig inträffar. Styrmedel kan bestå av regelverk som tvingar till utveckling och implementering av hållbara lösningar. Även konkurrensfördelar kan vara ett incitament för att ta fram mer hållbara lösningar, men endast om dessa hållbara lösningar efterfrågas av marknaden. Prissättning av resurserna behöver kunna sättas så att de täcker kostnaderna för att återvinna resursen samt hantera restflöden från processen. På samma sätt behöver undvikna kostnader kunna beräknas – exempelvis slupna utsläpp. De flesta utsläpp som sker, däremot, sker inom miljötillståndens ramar och är inte monetärt prissatta även om de har en miljöpåverkan, vilket kan vara ett problem. Om prissättningen av resurser skulle justeras, kan det innebära att en mer hållbar lösning blir mer kostnadseffektiv. Detta skulle driva utvecklingen mot en mer hållbar hantering av våra resurser. Bland de ämnen som berör våra livsmedelssystem, som näringsämnen, kan olika ekonomiska stöd och tariffer också ha stor påverkan på marknaden.

### **Funderaren - om prissättningen av vatten som nyckel till ökad hållbarhet**

Att vatten behöver prissättas rättvist i förhållande till sitt värde, har alla nationer redan kommit överens om vid FN-konferensen 1992 som definierade Dublin Water Principles (UN 1992). I Sverige avviker prissättning av vatten från dessa principer, då vattenresursen i sig inte ens har ett monetärt värde när det kommer till VA-huvudmännens standardtaxa. VA-taxan ska endast täcka kostnader för pumpning, rening och leverans samt avloppshantering men varken uttag eller utsläpp av vatten tillskrivs ett monetärt värde. Detta gör att prismekanismen som utgör grundidén i marknadsekonomi inte fungerar för vatten. Mer hållbara lösningar konkurreras i princip ut redan från början och det finns inga incitament för en resurseffektiv hantering. Hur ska cirkulära lösningar kunna konkurrera rättvist med resurser som idag är icke-prissatta och betraktas som gratis?

## 1.10 Vem tar ansvaret?

Generellt ligger ansvaret att verka för en cirkulär och effektiv hantering av resurser från avlopp på hela samhället och de aktörer som har möjlighet att påverka resursanvändningen. Hit räknas både EU, Sveriges politiker, olika branschaktörer, oss slutanvändare, och även myndigheter. Eftersom myndigheterna är den främsta målgruppen för syntesprojektet diskuteras här kort myndigheternas roll i frågan. Havs- och vattenmyndigheten (2022) har konstaterat att Sveriges vattenförvaltning både är komplicerad och saknar en tydlig samordning på nationell, regional och lokal nivå. Det står mer specifikt; "Ansvaret är splittrat och fördelat på flera departement och många myndigheter på nationell, regional och kommunal nivå.". Även om avlopp endast utgör en del av våra vattenresurser visar detta att myndigheterna själva konstaterar utmaningar inom vattenförvaltningen. Samtidigt berör cirkulära avloppslösningar i princip samtliga delar i samhället, dess miljö och därmed även de flesta av de existerande svenska myndigheterna. En samverkan mellan de olika myndigheterna är en absolut nödvändighet för att lyckas.

Myndigheterna har en stor roll att spela för att säkerställa att resurser i avlopp börjar hanteras mer cirkulärt. Det handlar om att myndigheterna ser till att detta införs dels via lagstiftning och implementering, dels vid uppföljning av lagstiftning genom tillsyn. Det finns också en rådgivande roll, som många myndigheter har och även i ökad utsträckning skulle kunna ha för verksamheter. Denna rådgivande funktion kan ha en viktig funktion för omställningen. Dessutom borgar tydlighet från myndigheter för en bred acceptans hos fler för olika cirkulära lösningar och för de återanvända och för återvunna resurserna i sig.

Myndigheternas arbete ska vara erfarenhets- och kunskapsbaserat och myndigheter har därför ett ansvar att hålla sig uppdaterade om aktuell kunskap och erfarenheter, eller att samverka och stödja sig på andra organisationer inklusive andra myndigheter som innehar dessa. Vid avsaknad av kunskap och erfarenheter ska myndigheter se till att skapa denna kunskap, till exempel via riktade utlysningar. En hållbar samhällsutveckling är inte en statisk process med ett fastlåst mål och en rak väg dit. Processen kan snarare beskrivas som en högdynamisk process där både förutsättningar och måldefinitionen kan ändras. Myndigheter ska se till att globala hållbarhetsmål, EU:s miljöbestämmelser och svensk miljölagstiftning följs just för att uppnå hållbara samhällslösningar. Olika

regelverk är dock ofta endast ett övergripande ramverk och myndigheter bör ge ett utökat stöd åt olika samhällsaktörer för att tillgodose samhällets behov för implementering av hållbara lösningar. Stödet kan också behövas just för att komplexiteten blir hög med många olika lagstiftningar som delvis överlappar, se 2.3.

Myndigheterna har ofta ett stort och brett ansvar som spänner över många frågor, och det ger unika förutsättningar att bidra till omställningen, som ofta kräver breda perspektiv. Vidare är myndigheterna nära de nationella lagstiftande organen och spelar således en stor roll både i att kunna påverka lagstiftning och politik och den allmänna diskursen. Dessa unika förutsättningar gör att myndigheterna behöver ta en ledarroll i de utmanande frågor som samhället behöver lösa, men som andra organisationer saknar mandat att driva. Detta kräver dock såklart att myndigheterna själva har fått ett mandat att driva frågorna. Inte sällan begränsas dock myndigheters handlingsutrymme, dels av riksdagen via legalitetsprincipen och stiftade lagar, dels mer direkt av regeringen via regeringsuppdrag, förordningar, regleringsbrev och resurssättning. Där mandat saknas för viktiga frågor som faller inom myndigheternas kompetensområde, önskar Projektgruppen att myndigheterna påpekar brister för beslutsfattare och arbetar för utökade mandat. Detta innefattar ett arbete med kunskapsuppbyggande och samarbete med andra relevanta myndigheter. Det ökade fokuset på resiliens och beredskap ökar också behovet av starka och pådrivande myndigheter. I tillägg blir det fördelaktigt om myndigheter utgör en förebild i utmanande frågor som samhället behöver lösa, men som kan vara svåra för andra organisationer att driva. Vid brist på mandat i identifierade viktiga samhällsfrågor behöver dock myndigheterna själva påpeka bristen för makthavare och driva på för att det egna, eller andra myndigheters, ansvarsområde ska utökas. **Starka och pådrivande myndigheter krävs för att de högt ställda politiska målen om ansvarstagande för framtiden ska kunna nås.**

Försiktighetsprincipen utgör sedan länge en viktig grundpelare i svenskt miljöarbete och kan även tillämpas för en hållbar hantering av resurser i avlopp. Modellen ska hjälpa att vidta åtgärder eller ställa krav ifall det finns en risk för samhället eller miljön, även om dessa risker ännu inte är vetenskapligt säkerställda. Här finns dock i praxis ett väldigt stort utrymme för tolkning av försiktighetsprincipen och här behöver myndigheter ta sitt ansvar och vägleda de olika samhällsaktörerna på ett tydligt sätt.

Försiktighetsprincipen fungerar bäst i de tillämpningar där risker med befintlig hantering är välkända. Om risker med dagens praxis inte är väl beskrivna finns risk att tillämpningen av försiktighetsprincipen blir skev, där risker med det nya systemet eller tekniken beskrivs väl i samband med till exempel miljötillstånd, men står i jämförelse med risker som inte är utredda. Som exempel kan det vara svårt att bedöma miljöpåverkan från olika slambehandlingsmetoder i jämförelse med ett nollalternativ som utgörs av tillverkning av anläggningsjord. Trots att anläggningsjord är en av de vanligaste användningarna av avloppsslam finns det fortfarande frågor som inte är utredda. Ett exempel är vilka emissioner som sker till luft och vatten som slammet ger upphov till, då det används för anläggningsjord. Det är viktigt att myndigheterna har ett arbetssätt och en kunskapsbas som tar hänsyn till såväl de risker som finns i de befintliga systemen och som härrör till ett linjärt hanterande av resurserna, såväl som de risker som uppstår vid återanvändning och återvinning av resurser ur avlopp.

Samtidigt kan det argumenteras för att tillämpningen av försiktighetsprincipen inte har varit tillräckligt strikt i många hänseenden. Skyddet av miljön från oönskade ämnen har gång på gång visat sig undermåligt. Skandaler avlöser varandra där nya ”mirakelkemikalier” vid senare utvärderingar visat sig ha förödande konsekvenser i miljön. Bland andra exempel finns DDT, freoner och PFAS.



## 2. Resurser i avlopp och hur de kan nyttjas

### 2.1 Tillgång, behov och potential för återvinning

Både tillgång och behov av olika resurser såsom vatten, näring och energi i samhället kan skilja regionalt och varierar i tid och rum, samt påverkas av olika externa faktorer som till exempel klimatförändringen. Behovet och tillgången av resurser från andra källor än avlopp styr till stor del hur stor återanvändning för dessa resurser från avlopp ser ut. En mer djuplodande och källhänvisad genomgång av tillgång och behov av olika resurser finns i Delsyntes 1.

**Genom att effektivisera resursflöden blir potentialen betydligt större för resursåtervinning. Det handlar om att systemen blir effektivare och mindre utspädda samt mindre förorenade, vilket underlättar för återvinningsprocesserna. Om resurseffektivisering uppnås kan de återvunna resurserna också täcka en större del av behovet.**

#### 2.1.1 Vatten

Sverige har i ett europeiskt och internationellt perspektiv mycket god tillgång på färskvatten som kan användas för dricksvattenproduktion, bevattning och för industriändamål. Det är egentligen bara under särskilda perioder i vissa regioner som det kan råda en brist på vatten för dricksvattenproduktion och det är vid dessa som ambitionen för att återanvända vatten blir som mest påtaglig. **Dessa perioder med vattenbrist förväntas bli fler i och med klimatförändringarna och relaterades effekter som till exempel brunifiering.** En återvinning och återanvändning av vatten från avlopp bli därmed mest relevant för vissa regioner framför allt i södra Sverige utifrån vattenbristperspektivet. En återvinning och -användning av vatten sker idag i princip endast i svenska industrin. En återvinning och användning för ändamål som inte kräver dricksvattenkvalitet till exempel inom hushåll, industri och offentlig verksamhet bedöms dock kunna ge avsevärda resursbesparingar då mindre dricksvatten behöver produceras, vilket på grund av ökade föroreningsmängder från vårt samhälle till vattenmiljön kräver alltmer avancerade reningstekniker.

Det bör nämnas att **Sveriges hushåll har bland de högsta vattenförbrukningarna per invånare i Europa. Samtidigt är Sveriges bevattningsbehov från jordbruket inte är i närheten av många andra europeiska länder.** Utöver att det således finns en stor potential att återanvända vatten, finns det även en stor effektiviseringspotential.



## 2.1.2 Näringsämnen

Sverige återanvänder redan idag en del av näringsämnen, framförallt fosfor, från avlopp genom slamspridning. Även om andra näringsämnen såsom kväve och kalium tillförs marken via slamspridning är det en liten del av såväl växtens behov som av den totala mängden i inkommande avloppsvatten. Därför är slamspridning mest att betrakta som en fosforåterföringsteknik. Det finns stort utrymme för utveckling inom detta område och vid **en översiktlig jämförelse mellan vad som de facto återvinns/-används, relativt vad som kan återvinnas/-användas är skillnaderna stora**. Dagens återföring från avlopp står för enstaka procent av jordbrukets kvävebehov och bara upp till ca 7 % av jordbrukets fosforbehov. Resterande behov täcks idag av importerat mineralgödsel, djurgödsel och biogödsel, även om det finns stora skillnader mellan olika regioner. Totalt sett skulle potentialen för näringsämnen från avlopp dock kunna täcka 24 % av dagens kvävebehov och 17 % av dagens fosforbehov, vid en utbyggnad av källsorterande system i hela samhället och ett fullständigt nyttjande av kväve och fosfor från de relevanta avloppsfraktionerna. Men även utan källsorterande system kan en större andel näringsämnen återvinnas och återanvändas i dagens avloppssystem. Om man istället fokuserar på ersättning av endast mineralgödsel som brukar anses vara mest problematiskt ur miljösynpunkt, skulle 30 till 40 % av mineralgödsel-försäljningen avseende fosfor och ca 25 % av mineralgödsel-försäljningen avseende kväve kunna ersättas av resurser från avloppsfraktioner under förutsättning att källsortering och näringsåtervinning tillämpades.

En del näringsämnen nyttiggörs inte i jordbruket utan läcker ut till vattenmiljön och skapar eutrofieringsproblem. Genom att resurseffektivisera och även minska användningen av näringsämnen i jordbruket kan de återvinna resurserna också utgöra en större del av behovet. Utöver återvinning från avlopp undersöks i Sverige för närvarande även grön kväveframställning från vätgas och fosforåtervinning från gruvavfall. **Tillsammans med en effektivare resursanvändning skulle en återvinning av näringsämnen från avlopp kunna bidra med en av flera pusselbitar till att göra Sverige självförsörjande avseende växtnäring.**

## 2.1.3 Energi

På ett generellt plan finns det idag ett stort behov av egenproduktion av energi eftersom Sverige är beroende av direktimport av energi som motsvarar en tredjedel av behovet. Samhällsomställningen till mindre fossilt energiberoende innebär att Sverige dessutom är i behov av stora mängder energi från olika energikällor även framöver. Energi från avlopp täcker idag bara en bråkdel av Sveriges energibehov, men **sett till den energi som finns i avlopp framför allt i form av värme, men även kemisk energi, finns det en potential till att täcka väsentligt mer av vårt energibehov än idag**. Värmeenergin i svenskt avlopp motsvarar ca 7 TWh av vilket endast en försumbar del återvinns idag. Biogas från svenska avloppsreningsverk står idag för 0,7 TWh/år men har potential för en ökning till minst 1 TWh/år och att ersätta framför allt fossila bränslen i exempelvis fartyg.

Elanvändningen i Sverige är med ca 12 MWh per invånare och år avsevärt högre än i exempelvis Tyskland som ligger på ca 6 MWh per invånare. Det extra värmebehovet på grund av ett kallare klimat är en anledning, som delvis kunde täckas av en värmeutvinning från avlopp, men det bedöms även finnas en stor potential till energieffektivisering i Sverige (Energimyndigheten 2022). För att utveckla och öka energiåtervinning från avlopp ytterligare, krävs det sannolikt att fler inom VA-

kollektivet framgent blir involverade i arbetet med en integrerad energimarknad med ökad energieffektivisering och energiproduktion från förnyelsebara energikällor.

#### 2.1.4 Andra resurser

Tillgång till andra resurser för återvinning såsom cellulosa, koagulanter, biopolymerer och fettsyror är sannolikt stor, men Projektgruppen har inte identifierat data som visar på exakta mängder. **Att återvinna dessa resurser styrs framför allt av både ekonomi och miljötekniska aspekter** och idag pågår det flera aktiviteter i Sverige för att utöka denna återvinning. Att ersätta fossila kemikalier som används i spillvattenrening vid avloppsreningsverk med återvunna fettsyror från avlopp är ett mycket aktuellt exempel.

## 2.2 Tekniker och system

I detta avsnitt går vi kort igenom tekniker och system som kan implementeras för att uppnå en mer cirkulär hantering av resurser ur avlopp. Generellt gäller att det sker en kontinuerlig teknikutveckling driven främst av efterfrågan som både tar fram nya tekniska lösningar men som framför allt optimerar befintliga tekniker för en ökad resurseffektivitet. För en hållbar utveckling av VA-systemen krävs både fokus på systemperspektiv och utvärdering av olika tekniker. En annan viktig aspekt är att både tekniker och regelverk behöver möjliggöra att systemen faktiskt kan ta form och expandera, på sikt kan de därmed utgöra en viktig del i samhällets anpassning mot mer resurseffektiva lösningar. Kapitlet är kortfattat och för en mer djuplodande och källhänvisad genomgång finns Delsyntes 2.

### 2.2.1 Vatten

Förutom den konventionella aktivslamprocessen, biobäddar eller kemisk fällning som **idag finns vid svenska avloppsreningsverk , finns det en rad tekniker som delvis redan implementerats eller implementeras och där Sverige i flera aspekter är drivande** i den pågående processutvecklingen. Till dessa räknas exempelvis membranbioreaktor (MBR), avancerade reningsprocesser som baseras på kemisk-fysikaliska metoder såsom ozonoxidation och adsorption till aktivt kol, samt membranseparation och desinfektionsprocesser. De senare teknikerna kan bli aktuella vid rening av olika mikroföroreningar och när utgående vatten avses nyttjas som dricksvatten eller vara i kontakt med livsmedelsproduktion. Användning av renat och hygieniserat avloppsvatten till bevattning är också en etablerad teknik som används i Europa där behovet av bevattningsvatten är större, men även till vis del i Sverige. Det har under senare år funnits ett ökande intresse för bevattning med renat avloppsvatten, men det rör sig om en ökning i en lokal kontext och inte på nationell nivå på grund av ett generellt lägre behov i Sverige.

Beroende på ändamålet för det renade vattnet, påverkas både val och omfattning av tekniker. **Det finns redan idag tekniska lösningar för återanvändning av grävatten och spillvatten, som tekniskt vatten och indirekt och direkt återanvändning till dricksvatten.** Ur en acceptanssynpunkt kan system där återvunnet vatten används direkt kanske vara mest utmanande. Det finns globalt exempel på såväl acceptansmässigt lyckade såväl som misslyckade försök att tillämpa sådan återanvändning.

## 2.2.2 Näringsämnen

Avseende näringsåterföring finns det idag befintliga tekniker såsom näringsåterföring från koncentrerade vattenströmmar som rejektvatten exempelvis genom struvitutfällning. **Den vanligaste tekniken för återanvändning av näringsämnen från avlopp är slamspridning**, som görs med en stor del av Sveriges slamproduktion idag. Tekniken är dock beroende både av avloppsvattnets kvalitet och lokala förutsättningar som tillgänglig jordbruksmark i behov av fosforgödsling i närheten av avloppsreningsverket, då avloppsslam främst är att betrakta som ett fosforgödselmedel. Kväveåtervinningen är mycket begränsad i dagens system eftersom det mesta av kvävet i spillvattnet omvandlas till kvävgas och därmed går förlorad som resurs i avloppsreningsverket. I samband med de senaste årens teknikutveckling har olika tekniker för näringsåterföring från slam utvecklats genom termiska tekniker och produkter såsom fosforsalt från slam och slamkol är aktuella idag. Framtiden kommer sannolikt att kräva att dessa avancerade tekniker blir mindre energikrävande för att de ska kunna växa vidare, förutsatt att inga lagkrav specifikt ställer krav på sådana tekniker. I sammanställningen beskrivs tekniker för näringsåtervinning ur existerande system och tekniker anpassade för källsorterande system.

De tekniker och system som är anpassade för dagens spillvattenhantering har fördelarna att implementeringen kan ske snabbare jämfört med nya tekniker, eftersom ingen större anpassning av infrastrukturen behöver göras för det i befintliga avloppsreningsverk. Källsortering av avloppsfraktioner har börjat återetablera sig som intressant systemval på flera ställen, med flera olika incitament till omställningen. Främst handlar det om nybyggnadsområden. **Källsorterande tekniker innebär att en mycket större andel av näringsämnena principiellt kan återvinnas, men kräver samtidigt en stor omställning på samhällsnivå** och är därför inte möjliga att genomföra för hela samhällen på kort sikt. Detta gäller även svartvattensortering och urinsortering. För nybyggnadsområden och i vissa fall vid mer omfattande renovering kan källsorterande lösningar med andra ord vara en bra lösning som på lång sikt leder till att en allt större del av våra avloppsflöden kan hanteras mer resurseffektivt. En stor fördel är även att flera av de grupper av oönskade ämnen som finns i avloppsvatten framförallt uppträder i någon av de källsorterade fraktionerna, istället för att de späds ut i ett samlat avloppsflöde. Tidigare koncentrerat av föroreningar i ett avfallsflöde kan bidra till att de bättre kan hanteras, något som även visas i Figur 3. Urinsortering fick exempelvis vid sin lansering på 90-talet ett dåligt rykte, men idag kan systemet göra comeback, bland annat genom tekniker för urintorkning för att framställa en ren växtnäringsprodukt.

## 2.2.3 Energi

Idag finns det en rad tekniker för energiåtervinning, men alla har inte lika stor potential att utnyttjas och användas på avloppsreningsverk. **Värmepumpar och värmeväxlare är välbeprövade och kända tekniker som till viss del används på avloppsreningsverk. Användningen är dock begränsad då förutsättningarna för att få en installation av värmeåtervinning varierar i lönsamhet.** Viss utveckling sker för mer fastighetsnära värmeåtervinning från avloppsvatten, där en större del av energivärdet finns kvar i framför allt grävattenfraktionen. Fastighetsnära värmeåtervinning är särskilt gynnsamt vid utsortering av grävatten, då

gråvatten har högre temperatur och innehåller mindre partiklar än ett blandat avloppsvatten.

Gällande rötning för att producera biogas och fordonsbränsle är detta en teknik som är välbeprövad i Sverige, men det finns även en del utvecklingspotential.

**Biogas från avloppsreningsverk är dessutom en tillförlitlig icke-fossil energikälla som kan vara en viktig faktor i en framtida energimix i samhället, men även för att avloppsreningsverk ska uppnå energineutralitet.**

En termisk behandling av slam kan öka i omfattning om det i framtiden kommer att ske förändringar för hur slam får spridas på åkermark. Det blir tydligt att flera faktorer påverkar samtidigt och i olika riktningar. Nya innovativa tekniker som har identifierats är bland annat bränsleceller, elektrolys och blå energi.

#### 2.2.4 Andra resurser

Andra resurser som kan återvinnas och som har diskuterats i samband med syntesprojektet har varit sand genom sandtvätt, filtrering för cellulosaaåtervinning, utvinning av koagulanter från slam genom separationstekniker och hydrolys för utvinning av fettsyror från slam med mera. Några av dessa tekniker utreds mer än andra till exempel via praktiska försök vid avloppsreningsverk såsom hydrolys av slam för att minska på användning av extern kolkälla vid avloppsreningsverk. Utvecklingen av separationstekniker för utvinning av aluminium eller järn från slamrester vid avloppsreningsverk däremot, anses svårt att genomföra på grund av en komplex slammatrix vid jämförelse med det slam som finns vid vattenverk och där denna utvinning bedrivs idag. Vissa tekniker för näringsåtervinning har även metallsalter som biprodukt, som kan vara lämplig för återanvändning. Återvinning av slam genom tillverkning av slamkol kan bli aktuellt i högre utsträckning om regler för slamspridning på åkrar ändras.

## 2.3 Existerande policy, lagar och styrdokument

**Generellt finns det ett starkt stöd för resurshushållning i dagens regelverk och existerande rättspraxis.** Avloppsvatten och de resurser som finns i avloppsvattnet regleras och påverkas av en stor mängd olika lagstiftningar respektive miljömål. Det finns lagstöd i svensk lagstiftning för att återanvända och återvinna nyttor från avlopp, primärt i miljöbalken. I miljöbalken finns även, förutom stöd för att eftersträva kretsloppslösningar, försiktighetsprincipen och krav på att sträva mot en giftfri miljö. Miljöbalken ställer med andra ord krav på att avvägningar mellan de nyttor som kan uppstå vid återanvändning och återvinning ska vägas mot de risker som finns och kan uppstå.

I lagen om allmänna vattentjänster (LAV) finns det även skrivelser om att huvudmannen ska utföra sina uppdrag med hänsyn till hushållning av naturresurser. Detta kan tolkas som ett krav på att tillvarata de resurser som finns i våra avlopp om det kan göras på ett resurseffektivt sätt. **Samtidigt lyfts dock oftast vattentjänstlagen in för att avfärda en mer omfattande rening av spillvatten eller återvinning av resurser eftersom avgifterna enligt §30 inte får överskrida det som behövs för att täcka de kostnader som är nödvändiga för att ordna och driva VA-anläggningen.** Utöver miljöbalken och LAV finns många

andra lagstiftningar som är relevanta för avlopps- och slamhanteringen, som du kan läsa mer om i Delsyntes 3: Existerande policy, lagar och styrdokument.

Att vatten, och dess innevarande resurser, regleras av så många lagstiftningar handlar i mångt och mycket om att vatten är grunden till allt liv. Vatten är därmed en livsviktig del av såväl miljö, ekosystem som våra samhällen. **De många olika lagstiftningarna kan dock vara hinder för den som vill ändra en befintlig hantering av en resurs.** I överlapp, eller i glapp mellan lagstiftningar, finns det osäkerheter som kan utgöra en risk för den som vill investera i nya tekniker eller system.

Ett exempel på att det kan vara svårt att förstå hur olika lagstiftningar och andra styrmedel hänger ihop är hur resursen slam hanteras i en lagkontext. I lagtexten finns det nämligen regler för såväl halter som för tillförd mängd av olika ämnen med slam. I EU:s slamdirektiv anges både haltkrav av en rad metaller i slam och mängdkrav för maximal tillförsel av dessa via slamspridning. I svensk lagstiftning är dock haltkraven och mängdkraven tillämpade i två olika lagstiftningar, SNFS 1994:2 och förordning 1998:944. De svenska lagkraven för metallhalter är många gånger striktare än den europeiska lagstiftningen. Även mängdkraven är ibland striktare, se Tabell 1. Utöver lagstiftningen finns också andra frivilliga regelverk, som certifieringssystemet Revaq.

Det frivilliga certifieringssystemet Revaq för slam ställer krav avseende mängd på såväl de lagstadgade ämnena, men också många på flera spårelement som ska mätas och följas. Tabell 1 visar de olika kraven för slam till jordbruksmark. För de lagstadgade spårelementen skiljer sig reglerna åt, framför allt för kadmium och kvicksilver, där kraven för Revaq-certifiering är högre ställda än lagstiftningen kräver, jämför till exempel 0,51 g/ha, år med 150 g/ha, år som gäller för Revaq respektive EU:s slamdirektiv (Tabell 1).

I EU:s Fertilizer product regulation (förkortat FPR, eller gödselproduktsförordningen på svenska) ställs haltkrav på återvunna växtnäringsprodukter. Olika haltkrav gäller för olika typer av gödselmedel i FPR, men det ställs även krav på ursprung och produktionsprocess. Värdena i FPR-kolumnen i Tabell 1 anger gränsvärden för organiska gödselmedel, som dock ej omfattar slam för jordbruksspridning. Värdena är därmed enbart att betrakta som jämförelsevärden.

**Tabell 1: Lagstiftningar för slamanvändning, halt och mängdkrav samt som referens haltkrav för organiska gödselmedel i FPR (slam omfattas ej).**

Metall	Mängdkrav			Haltkrav		
	EU:s slamdirektiv (86/278/EEG)	SNFS 1994:2	Revaq- regler 2024	EU:s slamdirektiv (86/278/EEG)	Svensk Förordning (1998:944)	EU-förordning 2019/1009 "FPR" *
	g/ha,år	g/ha,år	g/ha,år	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
Bly	15 000	25	25	750 - 1 200	100	120
Kadmium	150	0,75	0,51	20 - 40	2	1,5
Koppar	12 000	300**	300**	1 000 - 1 750	600	300
Krom	---	40	40	---	100	2***
Kvicksilver	100	1,5	0,55	16 - 25	2,5	1
Nickel	3 000	25	25	300 - 400	50	50
Zink	30 000	600	600	2 500 - 4 000	800	800

\*värden för organiska gödselmedel som omfattas av EU:s Fertilizer product regulation (förkortat FPR, eller gödselproduktsförordningen på svenska). Slam omfattas ej.

\*\*Tillåts i större mängder på vissa platser, beror på markens beskaffenhet

\*\*\*Enbart 6-värt krom och ej totalkrom i denna lagstiftning

De olika lagstiftningarna på området skapar problem på flera nivåer. Dels är reglerna svåra att tolka för en lekman, dels leder svårigheten till att det också kan uppstå problem med transparens och kommunikation. **En direkt konsekvens av otydligheter kring regler och krav är att det kan leda till acceptansproblem.**

För återanvändning och återvinning av resurser från avlopp blir tillståndsfrågan ofta viktig. Dock är de regelverk som används för prövning idag ej anpassade till att lätt kunna hantera ökad resursåtervinning. Som exempel är de krav på bästa möjliga teknik (BMT) som finns idag inte ställda så att de enkelt appliceras på ett systemperspektiv. Det är ganska tydligt vad BMT för avloppsrening är, medan det är svårare med återvinningstekniker. Det är bästa möjliga teknik som myndigheter kan kräva från verksamhetsutövare, och de begränsningar som finns i såväl systemiska som geografiska avgränsningar kan innebära svårigheter att få igenom innovativa processer.

En annan begränsning i dagens lagstiftning är de tydliga systemgränser som ligger som grund till miljöprövning. Avgränsningar såväl geografiskt som avseende miljöeffekter kan innebära svårigheter att inkludera såväl negativa som positiva miljöeffekter som uppstår långt från den huvudsakliga platsen för verksamheten. Det kan också innebära svårigheter att länka skilda prövningsprocesser och kunna räkna in synergier och symbios i tillstånd. Trots svårigheterna bedöms det som nödvändigt att sökande verksamheter, prövningsmyndigheter och vägledande myndigheter försöker hitta vägar för att pröva nya resursfokuserade avloppsverksamheter inom befintligt system. Sökande verksamheter har dock möjlighet att lyfta in ökad återvinning av resurser i sin tillståndsansökan även om det inte är centrala krav i tillståndsansökningar för avloppshantering idag.

Ett exempel på svårigheter i dagens prövningsprocess är Österlen VA som uppger att de nekats tillstånd för en vattenkiosk för uttag av tekniskt vatten från behandlat spillvatten. Länsstyrelsen gör i sin bedömning gällande att lösningen med vattenkiosk som tagits fram går emot avloppsreningsverkets befintliga tillstånd, då behandlat spillvatten släpps till andra recipienter än den tillståndsgivna. I Göteborg har däremot det kommunala aktiebolaget Gryaab som har hand om avloppsvattenreningen i regionen fått tillstånd att återanvända sitt avloppsvatten vid en närliggande industri. De har ansökt om tillstånd för att återanvända det behandlade spillvattnet som tekniskt vatten. Vattnet används i detta fall som kylvatten innan det tas tillbaka till ordinarie utloppsledning från avloppsreningsverket och släpps således till samma utsläppspunkt som det skulle gjort om det inte återanvänts. Rent tillståndsmässigt bedöms detta vara en bra lösning. Det är dock inte säkert att ett sådant återtag av vattnet alltid är ändamålsenligt eller resurseffektivt, det beror förstås såväl på tillämpning som andra lokala förutsättningar. Projektgruppen vill därför lyfta behovet av att **tillståndsprocesserna behöver anpassas till att inte hindra utveckling mot ökad återanvändning och återvinning av resurser**. Vidare behöver möjligheten att länka olika verksamheters tillstånd och tillståndsprocesser utvecklas så att synergier underlättas.

Den rättspraxis som EU-domstolen utvecklat för att värna hälsoskyddet och som reglerar vad som är att betrakta som biprodukter, eller resurser som efter återvinning inte längre är att betrakta som avfall, upplevs ofta försvårande för cirkulära lösningar. Det finns exempel på lagstiftningar som tagits fram för att förtydliga och förenkla återvinning av vissa biprodukter eller visst avfall till särskilda tillämpningar. Ett exempel på en sådan lagstiftning är EU-förordningen om minimikrav på återanvändning av vatten (2020/741/EU) och Gödselproduktförordningen (2019/1009/EU).



Dessa lagstiftningar är på många sätt möjliggörare för ökad resursåtervinning, men i och med att de specifikt omfattar vissa resurser, processer och produkter och samtidigt utelämnar andra, kan de på samma gång verka som ett oavsiktligt hinder för andra typer av cirkulära lösningar. Även om det inte är lagstiftarens avsikt, kan bristen på motsvarande lagstiftning för andra resurser, processer, produkter eller tillämpningar hindra utvecklingen på området. **Sådan återanvändning som faller utanför ramarna för dessa produktspecifika lagstiftningar kan lätt tolkas som otillåten, även om det de facto finns tillåtande lagstiftning på en högre nivå och avsaknad av förbud.** De bidrar även till en ständigt ökande mängd av olika lagstiftningar som den som hanterar spillvatten och vill återvinna resurser från avlopp behöver ha god insyn i.

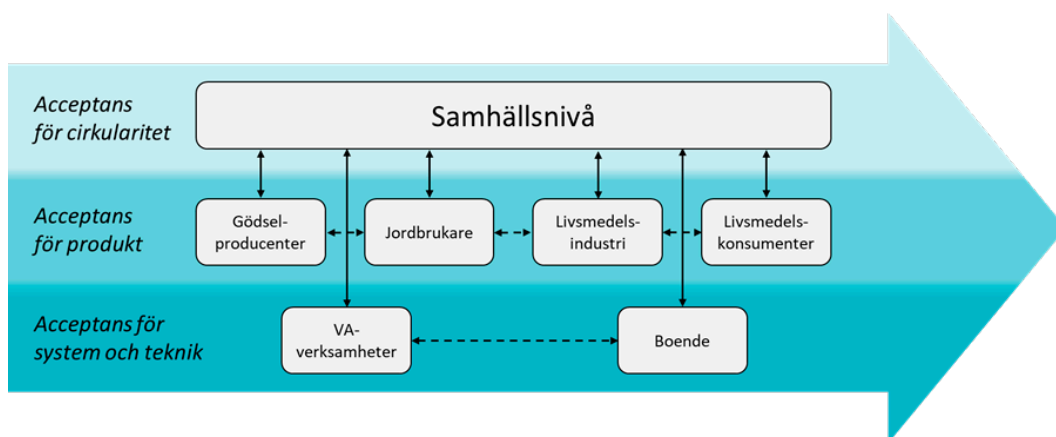
Under våren 2024 har de kommande lagkrav som förhandlats fram för det nya avloppsdirektivet i EU kommunicerats. I materialet framgår bland annat att lagstiftningen innefattar krav på fosforåtervinning, även om exakta nivåer för detta återvinningskrav ska beslutas inom 3 år från lagens antagande och inte kommer finnas på plats direkt. För kväveåtervinning gäller att frågan ska behandlas vid avloppsdirektivets nästa utvärdering och krav kommer inte att ställas i närtid. I det nya direktivet ställs också stora krav på reningsverkens klimatneutralitet, vilket kommer att påverka reningsverkens uppdrag och ett effektivt nyttjande av resurser såsom energi blir viktigare.

**Genom ett ökat stöd och rådgivning från nationella myndigheter kring hur EU-reglerna ska tolkas och tillämpas kommer återanvändning och återvinning sannolikt att underlättas.** En ökad tydlighet kring regelverken skulle innebära att främjande lagstiftningar kan utnyttjas mer effektivt av svenska aktörer. Därutöver skulle ett stöd i form av handledning även kunna påverka den allmänna acceptansen för återanvända och återvunna produkter.

## 2.4 Acceptans för återvinning och återanvändning

En viktig faktor när det kommer till hantering av resurser från avlopp är acceptans. Acceptans handlar om att ta till sig något, vilket kan förklaras som ett godkännande av en förändring. Wood et al. (2016) använder begreppen uppfattningar och tilltro för att förklara acceptans och kopplar även ihop acceptans med attityder. Dessutom är social acceptans en förutsättning för social hållbarhet, eftersom **det inte är möjligt att implementera lovande teknik om den avvisas av samhället.**

För att uppnå en god acceptans för återvinning och återanvändning av resurser ur avlopp krävs acceptans på flera nivåer, vilket åskådliggörs i Figur 5. På en övergripande samhällsnivå handlar det om en acceptans för cirkularitet som koncept. Detta kopplar till att policys, lagstiftning och samtalsklimatet förordar ökad cirkularitet. På en produktnivå behöver de aktörer som kommer i kontakt med de återvunna eller återanvända produkterna acceptera dessa, såsom producenter, jordbrukare, livsmedelsindustrin med flera (Figur 5). Acceptansen för produkten är relevant hos alla berörda aktörer, likväl producenter som konsumenter i olika led. **Utöver acceptans för själva produkten som återanvänds eller återvinns behöver systemet och tekniken som möjliggör återanvändningen eller återvinningen accepteras.** Detta rör både de som sköter driften, de som äger tekniken och de som kommer i kontakt med systemlösningen i exempelvis bostaden.



Figur 5. Acceptans på flera nivåer

**Acceptansen i Sverige för återanvändning och återvinning av resurser bedöms på ett övergripande plan som hög och ökande på grund av samhällets generella riktning mot ökad cirkularitet.** Det motstånd som finns mot återanvändning och återvinning av resurser från avlopp kopplar i huvudsak till hälsofrågor och eventuella oönskade ämnen i återvunna resurser. Detta motstånd återfinns hos vissa aktörer på alla nivåer i Figur 5. Även om frågan inte är okontroversiell finns generellt en hög acceptans i samhället för återanvändning och återvinning av resurser från avlopp. Detta exemplifieras av att vi idag nyttjar resurser ur avlopp via att sprida slam och producera biogas. Vi återvinner även värme till viss grad och återanvändningen av vatten ökar.

#### Funderaren - om överdriven rädsla för låg acceptans

Acceptansnivån för återvunna resurser ur avlopp är svårt att bedöma men kanske inte så låg som det oftast anses. Detta visades till exempel med ölet PU:REST som såldes på Systembolaget under 2018 och som bryggdes av Carlsberg Sverige i samarbete med IVL. Ölet bryggdes på vatten som återvanns från Stockholms kommunala avloppsvatten. Inför lanseringen gjordes ett mycket omfattande arbete för att kunna bemöta ett eventuellt skeptiskt och delvis negativt mottagande, baserat på tidigare erfarenheter med direkt dricksvattenproduktion från avloppsvatten. Ölet fick uppmärksamhet även utanför Sveriges gränser med >500 miljoner människor som mottagare, det vann flera priser OCH sålde slut på kort tid. Trots den stora spridningen mottogs inte en enda negativ respons, istället var responsen positiv och indikerade en mycket hög acceptans i samhället. Även för ett av de mest känsligaste områdena av resursåtervinning från avlopp. Är rädslan för dålig acceptans ett av våra största acceptansproblem?

Acceptansen hos konsumenter för återanvända och återvunna produkter kan kopplas till hur långt den återvunna resursen befinner sig ifrån obehandlat avlopp och hur produktifierad den är. Det finns därigenom en avvägning mellan de kostnader och den miljöpåverkan som fler processteg innebär och den ökade acceptansen hos konsumenter som kan åstadkommas med dessa tillkommande processer. Konsumenternas acceptans kan i sin tur påverka exempelvis producenters vilja att använda produkter.



Projektgruppens bedömning är att det finns en stor vilja hos många VA-organisationer att arbeta för en mer cirkulär hantering av resurser från avlopp. Det finns inte en konsensus kring vilken eller vilka tekniker och system som utgör den optimala lösningen. **Acceptans för teknik och system hos VA-organisationer kopplar starkt till lagar, uppdrag och teknisk gångbarhet.** Underlaget gällande acceptansen hos andra systemanvändare är knapphändigt, men det finns flera referensprojekt som indikerar att acceptansen är relativt god för återanvändning och återvinning av resurser ur avlopp till vissa tillämpningar.

Projektgruppen bedömer att acceptansen för återanvändning av resurser från avlopp kommer öka i framtiden. Detta beror till stor del på ett ökat behov av resurser på grund av flera faktorer, bland annat:

- Klimatförändringen förväntas leda till en ökad brist på vatten i vissa regioner. Återanvändning av vatten kan bidra till att minska denna brist.
- Ett mer osäkert geopolitiskt läge kan hindra möjligheten att importera mineralgödsel. Att nyttja näringsämnen från avlopp kan öka graden av självförsörjning av gödsel och därmed minska denna sårbarhet av internationella leverantörskedjor.
- Grön omställning och elektrifiering ser ut att leda till ökad konkurrens om el. Att nyttja energin från avlopp via exempelvis produktion av biogas och värmeåtervinning kan utgöra ett komplement till energiförsörjningen.
- Teknikutveckling har gjort det möjligt att rena spillvatten till en högre kvalitet. Detta gör att det återvunna vattnet blir säkrare för hälsan och kan användas för fler ändamål. Teknikutveckling för återvinning av till exempel näringsämnen och energi, men även andra resurser, har resulterat i tekniker som ger en högre acceptans av de framtagna resurserna.
- Ökad kunskap om behovet av återanvändning av tillgängliga resurser, både med hänsyn till en cirkulär och en hållbar samhällsutveckling, samt nationella intressen för en ökad självförsörjning med viktiga resurser.
- Utveckling och exempel från andra delar av världen visar högre acceptans för återanvändning av resurser från avloppsvatten jämfört med Sverige, vilket ofta beror på större brist på dessa resurser eller andra incitament.
- Vid oklarhet om acceptansläget kan rädslan för att en viss produkt inte ska accepteras utgöra ett större hinder än själva bristen på acceptans.

För att förbättra acceptansen för återanvändning av resurser från avlopp i Sverige bedömer projektgruppen att följande aktiviteter blir särskilt viktiga att fokusera på:

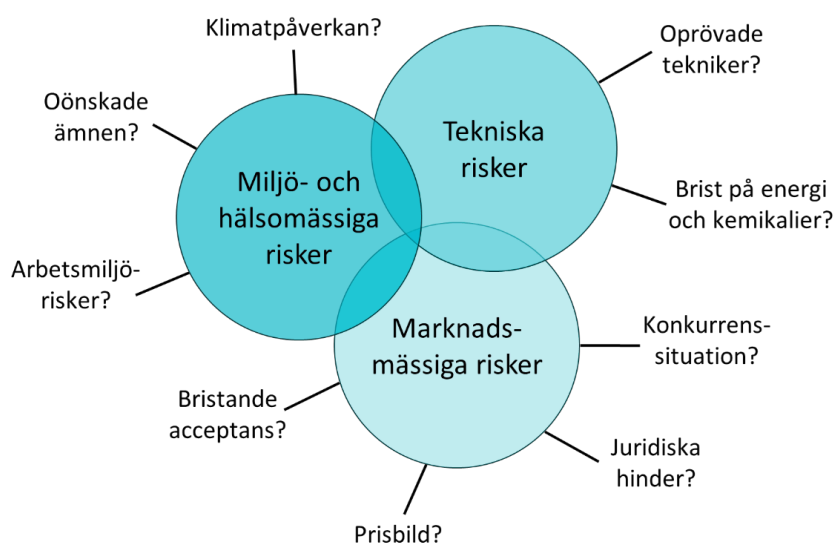
- **Lagstiftning och policyincitament** som underlättar och legitimerar återvinning och återanvändning av resurser från avlopp.
- **Ordval och beskrivning:** Även om beteckningar för återvunna resurser såsom återvunnet vatten, renat vatten, slamgödsel är korrekta utifrån en teknisk beskrivning, bör fokus vid återanvändning riktas mot slutprodukten genom användningen av beteckningar såsom rent vatten, biogödsel, ren energi för att öka acceptansnivån.

- Fokusera på **produktens kvalitet, istället för dess ursprung.**
- **Ökad kunskap och information:** Det är viktigt att öka kunskapen om återanvändning av resurser från avlopp, både bland allmänheten, VA-samhället och bland beslutsfattare och myndigheter. Emotionella faktorer bör tas seriöst och bemötas med både upplysning och praktiska lösningar.
- **Säkerhet och kvalitet:** Det är viktigt att säkerställa att återanvändning av resurser från avloppsfraktioner sker på ett säkert sätt. Detta kan göras till exempel genom att utveckla och implementera strikta säkerhetsstandarder.
- **Förebilder:** Det är viktigt att visa att återanvändning av resurser från avloppsvatten är möjligt och genomförbart. Detta kan göras genom att lyfta fram exempel från Sverige och andra delar av världen, där återanvändning av resurser från avloppsvatten görs med framgång.

**Korrekt prissättning av resurser:** Idag omfattar till exempel vattenpriset endast kostnader för att pumpa, rena och leverera vatten medan vattnet och den faktiska miljöpåverkan som orsakas inte prissätts. Med detta kan lösningar för återvinning och återanvändning sällan få en acceptans utifrån ekonomiska aspekter. En korrekt prissättning av resursbruk för vatten, näring och andra resurser skulle dock lägga grunden för en ökad acceptans även utifrån kostnadsperspektivet. Här kan exempelvis erfarenheter från energisektorn nyttjas (Energimyndigheten 2024). Enligt vattendirektivet artikel 9 skulle medlemsstaterna senast 2010 se till att prispolitiken för vatten ger tillräcklig incitament för brukarna att använda vattenresursen effektivt och bidra till miljömålen i ramdirektivet för vatten. Vidare ska priset på vatten baseras på principen att förorenaren betalar. Krav finns också på att olika vattenbrukarkategorier (hushåll, industrier, jordbruk) adekvat bidrar till kostnads- täckningen för vattentjänster.

## 2.5 Risker vid återvinning och återanvändning

Med risk avses generellt sannolikheten för att något oönskat ska inträffa. **Kopplat till återvinning och återanvändning av resurser kan det finnas både miljö- och hälsomässiga, samt tekniska och marknadsmässiga risker** (Figur 6). När man pratar om risk är det även relevant att definiera för vem den negativa konsekvensen uppstår om det oönskade inträffar.



Figur 6. Möjliga risker med återanvändning och återvinning av resurser ur avlopp.

Miljö- och hälsomässiga risker handlar till stor del om miljöpåverkan som kan orsakas av själva återvinningen, samt att oönskade ämnen kan spridas till akvatiska och terrestra ekosystem, och hamna i våra livsmedel. Det kan röra sig om både kända föroreningar och risken för nya föroreningar som ännu inte övervakas (Bünemann et al., 2024). Risken är då att återanvändningen kan skada både människa och miljö. Vissa tekniker kan även medföra arbetsmiljörisker för involverad driftspersonal (Baresel et al., 2017).

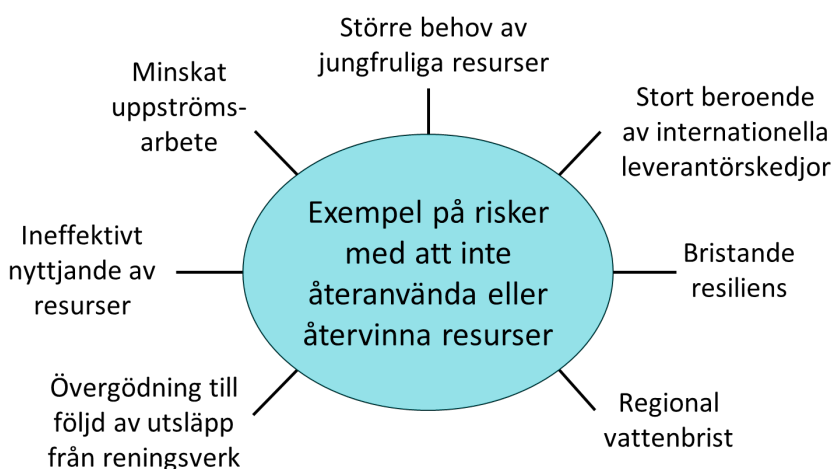
Marknadsmässiga risker innefattar bland annat osäkerhet gällande efterfrågan av produkten som ska tillverkas, vilket både kopplar till acceptans och prisbild, samt konkurrens med andra typer av produkter. För att produkten ska vara gångbar ur ett marknadsmässigt perspektiv krävs ett regelverk som möjliggör för återvinningen och återanvändningen, vilket annars riskerar att utgöra ett juridiskt hinder. Marknadsmässiga risker drabbar främst producenten och den som investerat i tekniken, vilka påverkas negativt om produkten inte går att sälja. Andra aktörer kan även drabbas i ett senare led om tekniken inte kan producera den tänkta produkten eller fylla den avsedda funktionen som någon annan aktör är beroende av.

Vissa tekniker för återvinning är relativt oprövade i stor skala, vilket kan medföra risker ur teknisk synvinkel (Malovanyy et al., 2022). För de tekniker som kräver hög energianvändning kan även framtida brist på el, såsom effekt, utgöra en risk för produktionen. Tekniska risker drabbar främst den som investerat i tekniken, men likt konsekvenserna av marknadsmässiga risker kan även aktörer som är beroende av produkten eller den avsedda funktionen drabbas i ett senare led.

### Funderaren - om att återvinna eller inte återvinna vatten – risker och möjligheter

Att återvinna vatten från avlopp för att säkra tillgången på vatten innebär risker som både är tekniska, sociala och ibland hälsorelaterade. Däremot, att avstå återvinning kan leda till vattenbrist, ekologiska skador, ekonomiska förluster, men också direkta och indirekta hälsorisker. Ett välbalanserat beslut kräver noggrann avvägning av dessa risker för att säkerställa hållbar vattenhantering och samhällets välbefinnande på lång sikt. Vilka risker finns när vatten inte återvinns?

### Utöver risker med att återanvända och återvinna resurser ur avlopp finns risker med att avstå från att nyttja dessa resurser (Figur 7).



Figur 7. Exempel på risker med att inte återanvända och återvinna resurser från avlopp.

Om resurserna ur avlopp inte nyttjas behöver motsvarande mängd tillhållas från jungfruliga resurser. En linjär hantering och bruk av jungfruliga resurser kan medföra ökade samhällskostnader och negativa miljökonsekvenser. Med växtnäring som exempel kommer näring behöva tillföras jordbruksmarken även om näringen i avlopp inte nyttjas genom återanvändning. Alternativet mineralgödsel är problematisk bland annat på grund av en stor miljöpåverkan vid användning av naturgas för kvävegödselproduktionen samt brytning av fosfatmalm för framställning av fosformineralgödsel (Jönsson, 2019). Dessutom innebär mineralgödelspridningen att samhälls- och jordbrukssystemet fortsätter att tillföras reaktivt kväve och fossil fosfor, vilket gör att de planetära gränserna överskrids. Att samhällskritiska funktioner, som till exempel livsmedelsförsörjning och vattenförsörjning, är beroende av leveranskedjor utanför Sverige är förenat med betydande risker kopplat till beredskap och totalförsvar (Eriksson, 2018). En cirkulär resurshantering med återvinning och återanvändning kan minska detta beroende och öka Sveriges resiliens inte bara i kristider (Eriksson, 2018). I områden som exempelvis har ont om vatten under delar av året, kan även en cirkulär hantering av vatten minska risken för vattenbrist.

Att konstant mata systemet med nya externa resurser som till exempel växtnäring via mineralgödsel i stället för att återanvända den näring som redan finns i systemet medför att ständigt ökande mängder växtnäring men även förorenade ämnen kommer i omlopp. Hanteringen av kväve och fosfor sker idag på ett ohållbart sätt vilket resulterat i att de planetära gränserna för biogeokemiska flöden passerats (Richardson et al., 2023). Exempelvis visade en dansk studie på att ett reningsverks utsläpp av kväve och fosfor var 16 gånger högre än vad som är hållbart sett till en rättvis fördelning av planetens resurser (Ryberg et al., 2021). Utsläpp av kväve och fosfor bidrar till problem med övergödning. Varje kubikmeter av vatten eller kilogram av fosfor och kväve som återvinns istället för att släppas ut till recipient medför en reducerad miljöbelastning.

Även utan återanvändning behöver resurser som till exempel växtnäring i avloppsfraktionerna hanteras. Om man inte nyttjar exempelvis växtnäringen behöver denna avskiljas och hanteras, vilket medför kostnader och behov av insatsvaror. Avloppsslam kommer oavsett uppstå och behöva hanteras, vilket medför samhällskostnader och andra miljökonsekvenser (Jönsson, 2019).

I Sverige utför VA-organisationer ett omfattande uppströmsarbete för att reducera mängden föroreningar i avloppsfraktioner till exempel genom förebyggande arbete inom Revaq. En återanvändning av resurser från avloppsfraktioner innebär i vissa fall en extra drivkraft för detta uppströmsarbete (samtidigt som ett aktivt uppströmsarbete är en förutsättning för att möjliggöra en säker återanvändning av tillvaratagna resurser). Utan återanvändning riskerar denna drivkraft att minska (Holmgren et al., 2020). Man kan också bedriva en annan typ av uppströmsarbete via källsortering och efterföljande utvinning av resurser. En insamling och nyttjande av exempelvis mer koncentrerade växtnäringsfraktioner bidrar till att en mindre mängd kväve och fosfor släpps ut till recipient.

Projektgruppen anser att riskerna med att inte använda resurser från avlopp är alltför stora för att ignoreras, särskilt ur ett perspektiv av resiliens och totalförsvår. I regel kan samtliga risker med återanvändning och återvinning hanteras genom exempelvis anpassade och tydliga regelverk, tekniska lösningar och övervakning och kontroll, på liknande sätt som i andra samhällsområden. I specifika fall kan dock riskerna med en cirkulär hantering av resurser ur avlopp bedömas så betydande att man bör avstå från återvinning eller återanvändning.

Vilka risker som uppstår i samband med återanvändning och återvinning av resurser från avlopp, och hur allvarliga dessa är, beror på vilken resurs som cirkuleras och från vilken avloppsfraktion. Även vilken teknik eller vilket system som används för återvinningen eller återanvändningen, samt vad den cirkulerade resursen ska användas till påverkar risker och risknivån. Risker som finns och som behöver hanteras i varierande grad inkluderar:

- **Miljö- och hälsomässiga risker** på grund av föroreningar i återvunna resurser eller i restströmmar som uppstår i samband med återvinningen. Själva miljöpåverkan för resursåtervinning från avloppsfraktioner, inklusive lokal miljöpåverkan vid etablering och drift av anläggningen för resursåtervinning, är också en viktig aspekt. Hälsorisker som smittspridning och föroreningar i avloppsfraktioner kan vara skadliga för människor om till exempel avloppsvatten inte renas tillräckligt, vilket då framstår som de mest betydande riskerna som behöver bemötas.

- **Marknadsmässiga och ekonomiska risker** vid implementering av nya processer och produkter. Risker med bristande acceptans vid införandet av nya teknologier för resursåterutvinning från avloppsfraktioner, både på en allmän nivå och från lokalbefolkningen. De juridiska hinder som finns bedöms av projektgruppen utgöra den största risken ur marknadsmässig synvinkel.
- **Tekniska risker**, särskilt vid implementering av nya processer som inte har föregåtts av till exempel pilottester för att utforska och åtgärda eventuella risker.

Projektgruppen vill poängtera att upplevd risk kan skilja sig från den faktiska risken. Det är viktigt att även upplevd risk tas på allvar då denna, likväl som faktisk risk, kan hindra implementering av cirkulära lösningar. Då det är komplext att bedöma risk är det viktigt att verktyg för riskbedömningar används så att beslut gällande systemval baseras på väl underbyggda fakta. Riskbedömningen behöver omfatta såväl teknoekonomiska analyser som sociala faktorer som acceptans och upplevd risk. Även riskerna med att inte nyttja resurserna ur avlopp behöver inkluderas i bedömningen.

Det krävs satsningar på forskning som undersöker risker med olika systemval och att höjd tas för att hela systemet beaktas för att undvika risken för suboptimering av delar av systemet. Vid riskbedömning är det viktigt med ett stringent arbetssätt där formulerade risker behöver bedömas för ett resursflöde i samtliga system för resursåtervinning. Det är även viktigt att riskerna bedöms utifrån produktens kvalitet och inte enbart baseras på produktens ursprung.

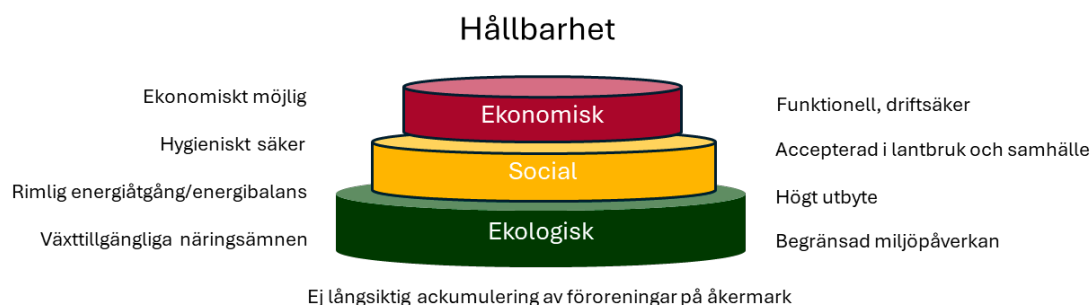
För att förbättra förståelsen för risker förknippade med återvinning och återanvändning av resurser från avlopp bedömer projektgruppen att följande aktiviteter blir särskilt viktiga att fokusera på:

- Att även ta hänsyn till **risker med att inte nyttja resurser ur avlopp** och inte enbart uppmärksamma risker med cirkulär hantering.
- **Tydlig lagstiftning** som möjliggör för cirkulära system, tekniker och produkter vilket minskar risken för marknadsmässiga hinder.
- **Insatser för ökad acceptans** (se delsyntes 4a).
- Att **hela systemet** inkluderas vid riskbedömning för att undvika risken för suboptimering.
- Att de **verktyg som finns för att bedöma risker används** i högre utsträckning och fortsätter att utvecklas.
- Kontinuerlig **forskning på risker** med cirkulär hantering av olika resurser för att möjliggöra för bättre beslutsunderlag över tid. De största kunskapsluckorna är alternativrisker (dagens hantering), persistenta ämnen i vatten och slam, klimatutsläpp från slamhantering och påverkan på mikroorganismer och djur i jord vid tillförsel av slam eller renat avloppsvatten.
- Fortsatt **utveckling av tekniker** som möjliggör för en säker cirkulering av resurser från avlopp.

## 2.6 Verktyg för systemutvärdering, planering och implementering av resursåtervinning

Detta avsnitt baseras på Delsyntes 4c - Verktyg för att utvärdera återvinning och återbruk från olika typer av avloppsströmmar. För denna del diskuterar vi särskilt de svårigheter som uppkommer vid tillämpningen av dessa verktyg.

Kraven och intresset för återvinning av resurser från avloppssystem ökar, liksom utvecklingen av nya kretsloppstekniker. Vid anläggning av nya avloppssystem eller uppgradering av befintliga system, finns det inte sällan flera möjliga alternativ för en ökad resursåtervinning. Som en del i beslutsunderlaget görs ofta en hållbarhetsbedömning av alternativen, där styrkor och svagheter utvärderas och jämförs. En sådan systemutvärdering kan vara komplex och inkludera olika miljömässiga, sociala och ekonomiska dimensioner och innebär ofta avvägningar mellan målsättningar som ibland är oförenliga, vilket visas i Figur 8.



Figur 8. Exempel på hållbarhetsaspekter att utvärdera vid näringsåtervinning (från Ahlgren et al, 2020).

Det finns ett flertal metoder och verktyg för den här typen av systemutvärderingar, som exempelvis livscykelanalys för utvärdering av miljöpåverkan, livscykelkostnadsanalys för ekonomisk utvärdering och multikriterieanalys för en samlad bedömning av olika dimensioner.

Andra verktyg, som handböcker, guider, riktlinjer och certifieringssystem, stödjer också planering och genomförande av cirkulära avloppssystem. Denna rapport ger en översikt av vanliga metoder och verktyg för att utvärdera, planera och implementera sådana system för att öka resursåtervinning.

### 2.6.1 Utvärdering av miljöaspekter, risker och ekonomi

Det finns en rad verktyg som specifikt utvärderar miljöaspekter, risker och ekonomi. Ett vanligt förekommande verktyg för miljöaspekter är *Livscykelanalys (LCA)* som används för att utvärdera den samlade miljöpåverkan som en produkt eller tjänst orsakar under hela livscykeln, från råmaterialshandling och tillverkningsprocess till användning och avfallshandling. Miljöpåverkan av avloppssystem inkluderar klimatutsläpp, övergödning och försurning. **För att bedöma resursåtervinning från avlopp krävs utvärdering av miljöpåverkan och även fördelarna med att återvinna näringsämnen, vatten och energi. LCA jämför alternativ, men ger ingen absolut hållbarhetsbedömning.** Ahlgren



et al. (2020) påpekar bristen på riktlinjer för LCA-studier om näringsåtervinning från avlopp och betonar vikten av att hantera osäkerheterna i metoden.

*Material/substansflödesanalys (MFA/SFA)* kan användas för att kvantifiera flöden av näringsämnen, vatten och föroreningar. Detta kan vara användbart för att identifiera möjligheter och utmaningar för resursåtervinning. I situationer där uppmätta data saknas kan modeller vara användbara verktyg för att ge en ökad förståelse. Wärff et al. (2020) har sammanställt en rapport om processmodellering av avloppsreningsverk för intressenter i Sverige och även byggt upp kunskapsportal online för modellering<sup>1</sup>.

I övrigt kan det nämnas att Svenskt Vatten har skapat ett Excelbaserat klimatberäkningsverktyg<sup>2</sup> för att hjälpa VA-organisationer att förstå och minska klimatpåverkan från sina anläggningar, inklusive hanteringen av restprodukterna.

Utöver miljöaspekter bör även risker utvärderas och för detta finns det också verktyg. Risk är sannolikheten och konsekvenserna av en oönskad händelse. **Vid resursåtervinning behöver hälso- och miljörisker från smittämnen och andra föroreningar i avloppsströmmar utvärderas och hanteras.** En metod värd att nämna i detta sammanhang är *kvantitativ mikrobiell riskanalys (QMRA)*. QMRA bedömer risken för negativa hälsoeffekter från smittämnen genom fyra steg: faroidentifiering, exponeringsbedömning, dos-responsbedömning och sammanvägd riskutvärdering. I Sverige har QMRA hittills främst använts för att analysera mikrobiologiska risker i dricksvatten. QMRA ligger även till grund för WHO:s riktlinjer för återanvändning av avloppsvatten, urin och fekalier i jordbruk och vattenbruk (WHO, 2006).

Ekonomi utgör också en viktig del i ett beslutsunderlag. Eftersom VA-anläggningar finns kvar under lång tid är det rimligt att utvärdera kostnaderna genom så kallad *livscykelkostnadsanalys (LCC)*. I en LCC bedöms kostnaderna för anläggningar över hela livslängden, inklusive anläggning, drift, underhåll och ibland även avveckling. Framtida kostnader och intäkter omräknas till dagens värde. Uppskattningar av livslängd, driftskostnader och diskonteringsränta påverkar resultatet och en känslighetsanalys är därmed viktig, där ”bästa och värsta” scenarier för nyckelparametrarna testas. Upphandlingsmyndigheten erbjuder ett Excelbaserat LCC-verktyg<sup>3</sup>. I en *kostnads-nyttoanalys (CBA)* jämförs ett projekts positiva och negativa konsekvenser i kronor. Om nyttorna överstiger kostnaderna anses projektet vara ekonomiskt lönsamt. I en samhällsekonomisk kostnads-nyttoanalys inkluderas monetära värden även för miljönyttor och kostnader. Soutukorva Swanberg och Nordzell (2022) analyserade möjliga avloppssystem för Norra Djurgårdsstaden och fann att källsorteringsalternativet hade högst nytta/kostnadskvot, dock med betydande osäkerheter i värderingen av miljönyttorna.

Sammantagna bedömningar kan göras med *Multikriterieanalys (MKA)*, vilket är en metod som underlättar beslutsfattande när flera, och ibland motstridiga, målsättningar ska beaktas och vägas samman, till exempel miljö, ekonomi, sociala aspekter, teknisk funktion, samt hälsa och hygien. I en MKA identifieras alternativen som ska utvärderas och deras systemgränser. Sedan definieras bedömnings-

<sup>1</sup> <https://modelleraarv.se/>

<sup>2</sup> [https://www.svenskvatten.se/globalassets/medlemsservice/klimatneutral-va/klimatberakningsverktyg-v2\\_juni2023.xlsx](https://www.svenskvatten.se/globalassets/medlemsservice/klimatneutral-va/klimatberakningsverktyg-v2_juni2023.xlsx)

<sup>3</sup> <https://www.upphandlingsmyndigheten.se/om-hallbar-upphandling/ekonomiskt-hallbar-upphandling/lcc-for-langsiktig-hallbara-inkop/lcc-verktyg/>

kriterier och relativ viktning av kriterierna i samråd med intressenter. Kriterierna utvärderas för systemalternativen, ofta med metoder som LCA för miljökriterier och LCC eller CBA för ekonomiska kriterier. Resultaten och vikten för varje kriterium kombineras därefter för en samlad bedömning. MKA-resultaten påverkas av kriterievalet, viktningen och bedömningen i kontexten. Ett avloppsalternativ kan därför värderas olika beroende på prioriterade kriterier och till exempel lokal acceptans.

## 2.6.2 Verktyg för planering och implementering

Flera verktyg har utvecklats för att underlätta planering och implementering av resursåtervinning från avlopp. Kvarnström et al. (2022) har till exempel tagit fram en handbok för planering av källsorterande system i stadsmiljö, riktad till kommunala aktörer. Denna handbok ger en översikt över den kommunala planeringsprocessen, inklusive när och hur beslut och underlag om källsortering bör införlivas, och vilka aktörer som bör involveras. Ett annat exempel är ”Öppen VA-planering” utvecklad av Kvarnström och af Petersen (2004). Det är ett planeringsverktyg som prioriterar VA-systemets funktioner och kräver att alla berörda parter kommer överens om dessa innan tekniska lösningar definieras. Detta verktyg balanserar smittskydd, recipientskydd och resursåtervinning mot praktiska och ekonomiska aspekter när olika alternativ jämförs.

För att bedöma efterfrågan på avloppsprodukter har Schoebitz et al. (2016) tagit fram en metod för marknadsutvärdering av slamprodukter, baserad på en fallstudie i Kampala, Uganda. Denna metod är tillämpbar även i Sverige och för andra typer av avloppsprodukter.

Forskare från SLU och Chalmers har tagit fram ett brädspel som heter RECLAIM. Spelet används för att öka förståelsen för resursåtervinning. RECLAIM engagerar spelare i olika roller för att hantera resurser och risker i avloppssystem, vilket bidrar till kunskapsförmedling och stödjer attitydförändringar.

I Sverige stödjer certifieringar såsom Revaq (SPCR 167) och SPCR 178 kvalitets-säkringen av avloppsprodukter, vilket främjar ett hållbart kretslopp och säker återföring av växtnäring till jordbruket. Slutligen ger Naturvårdsverkets handbok från 2008 råd om hantering av urin och fekalier på hushållsnivå, med specifik fokus på hygienisering och riskminimering vid användning i odling.

## 2.6.3 Utblick

För ett ökat kretslopp behöver nya tekniker och system utvärderas, jämföras och implementeras. Sammantaget konstaterar Projektgruppen att **det finns ett flertal verktyg tillgängliga för att underlätta genomförandet av systemutvärderingar och även som stöd för planering och implementering av resursåtervinning**. En utveckling av dessa verktyg kan dock behövas för att enklare kunna ta hänsyn till både negativ och positiv miljöpåverkan även utanför de satta systemgränserna, samt andra aspekter som tidigare inte beaktats, såsom bidrag till nationell självförsörjning och resiliens i kristider.

Verktyg är också betydelsefulla för att bedöma kostnader och nyttor som krävs för att hela system ska beaktas och utvärderas. **Det kan vara kostsamt och krävande att använda verktyg för systemutvärdering, men dyra planeringsprocesser är dock billigare än att bygga felaktiga system i stor skala**, speciellt då VA-lösningar innebär stora och långsiktiga samhällsinvesteringar.

Metoder som LCA och MKA skapar en större förståelse för systemet, vilket bidrar till en värdefull läroprocess för alla inblandade. Det är viktigt att ha i åtanke att det handlar om sociotekniska system, där även subjektiva bedömningar kan spela en stor roll i valet av teknik eller system, då vissa aspekter är svåra att objektivt kvantifiera, som till exempel social acceptans och andra icke-monetära värden. Verktyg som tillåter att sådana bedömningar används är värdefulla, men kräver en tydlig redovisning av antaganden och osäkerheter.

Slutligen är det värt att poängtera att utvecklingen går snabbt och det kan vara svårt för enskilda aktörer att få en överblick på utbudet av användbara och aktuella verktyg för systemval, planering och implementering av cirkulära avloppslösningar. Det finns ett behov av att tillgängliggöra och öka kunskapen kring den typen av metoder och verktyg som presenterats i detta kapitel, till exempel via en internetportal. En sådan portal skulle kunna tas fram och sedan uppdateras regelbundet av en expertgrupp med bred erfarenhet av avlopp och kretslopp.

### Funderaren - om vikten av oberoende utvärderingar

Ordspråket "skit in, skit ut" används gärna för att beskriva en felaktig användning av modelleringsverktyg. Ordspråket blir särskilt passande vid applicering av verktyg som används för bedömning av avloppshantering eftersom systemen i sig är väldigt komplexa. Inget verktyg är bättre än användaren och hur den används. Val av systemgränser, antaganden och problemformulering styr vilka resultat som genereras. För objektiva resultat bör samtliga tillgängliga verktyg användas av, eller med support av, oberoende experter. Kan en hållbarhetsbedömning anses vara seriös när den genomförs av aktörer som har ekonomiska eller andra fördelar vid ett visst utfall av bedömningen?

## 3. Cirkulära lösningar för en hållbar avloppshantering

En hållbar hantering av avloppsresurser innebär, som tidigare diskuterats, att påverkan på miljön vid hantering och rening av olika avloppsfraktioner inte hanteras som en separat enhet. Avseende hållbarhet, behöver därför även nyttan av de tillgängliga resurserna som finns i avlopp också maximeras. I Delsyntes 5 har Projektgruppen diskuterat hur dagens hantering av avlopp kan utvecklas till mer hållbara hanteringssystem.

### 3.1 Resurshantering i dagens system

Dagens hanteringssätt bygger mestadels på centraliserade system som hanterar hushållspillvatten vilket är en blandning av gråvatten och svartvatten. Dessa strömmar når ett centralt avloppsreningsverk via spillvattennätet. I spillvattennätet blandas hushållspillvattnet med industrispillvatten, och det tillskottsvatten och dagvatten som läcker in i eller tillförs till ledningsnätet. Mer om detta finns det beskrivet i Delsyntes 5 i bilagan. Vid det centrala reningsverket sker sedan olika fysiska, biologiska och kemiska reningsprocesser med det huvudsakliga syftet att minska halterna av suspenderat material, fosfor, kväve och lättnedbrytbart organiskt material (BOD) i vattnet. Vid vissa av dessa reningsverk utvinns energi i form av biogas, ibland genom samrötning med matavfall, och restvärme. Även en del näringsämnen och andra resurser, men även föroreningar, återanvänds via spridning av avvattnat slam på jordbruksmark. I väl fungerande anläggningar, som redan kan klassas som resursanläggningar och som beskrivs i 3.3, uppgår resursutvinning uppskattningsvis till >90 % för fosfor, <20 % kväve, >50 % för kemisk energi i form av biogas och <10 % av värmeenergi relativt de mängder som hushållen tillför avloppet och visas i Figur 2. Dessa nivåer uppnås dock enbart lokalt och är långt ifrån vad som uppnås med dagens system på en nationell nivå.

Efter reningsverket leds det behandlade vattnet tillbaka till vattenmiljön som även kan utgöra en råvattentäkt för dricksvattenberedning vid vattenverket. Denna hantering är en *de facto* återanvändning och illustreras i Figur 2. Mycket resurser i form av energi och kemikalier används vid det centrala avloppsreningsverket för att avdriva ämnen till atmosfären eller för att överföra ämnen från vatten till slam. Förutom miljöpåverkan på grund av själva resursförbrukningen vid rening och avseende mikroföroreningar som inte renas bort, uppstår det emissioner av växthusgaser och restströmmar vid dessa processer, till exempel i form av slam som kan innehålla varierande mängd föroreningar.

Dagens avloppssystem har funnits i lång tid, och en centralisering av avloppshantering har varit ledande inom kommunernas planering av vattenhanteringen. Detta beror bland annat på att systemet länge ansågs som det bästa alternativet för

att möta samhällsbehoven, där fokus var att bli kvitt spillvattnet och dess huvudsakliga föroreningar (lätt nedbrytbart organiskt material, kväve och fosfor). Dagens system är väl anpassat till dagens regelverk och vice versa. Dock kan det påpekas att även dagens system behöver förändras för att uppnå kommande regelverk. Det vore direkt fel att tänka sig att dagens system kan kvarstå i oförändrad form. Det senare gäller särskilt samhällets krav på en resurseffektiv avloppshantering med minsta möjliga negativa miljöpåverkan och en ambition om en cirkulär resursanvändning. Utöver ändrade regelverk kommer befolkningsökning och klimatförändringar leda till att det inte blir resurseffektivt att fortsätta bygga ut dagens befintliga system. Många av de centrala avloppsreningsverk och spillvattennät som finns i Sverige idag, har redan en kapacitetsbrist och svårigheter att nå de allt strängare reningskrav som råder. En föråldrad infrastruktur i både spillvattennät och reningsanläggningar kommer dessutom innebära enorma investeringar inom en överskådlig tid, för att upprätthålla systemets grundläggande funktion.

## 3.2 Källsorterande system i hela samhället

Källsorterande avloppssystem (se Delsyntes 5 i bilagan för en detaljerad beskrivning) innebär att olika avloppsfraktioner separeras vid källan för att öka effektiviteten i den efterföljande resursutvinningen jämfört med dagens system där fraktionerna blandas. I hushållen samlas gråvatten separat från svartvatten och även en separat urinhantering kan vara aktuell. Industrispillvatten och dagvatten hanteras lokalt i helt separata reningsanläggningar för att förhindra inblandning av grå- och svartvatten från hushåll.

Gråvattnet innehåller värme som kan återvinnas lokalt och vattnet kan, efter en enkel behandling i en lokal reningsanläggning, användas för industriella ändamål eller bevattning, vilket minskar behovet av dricksvatten för dessa ändamål. Om detta behov inte finns kan vattnet återföras till miljön. Omfattningen av behandlingen är beroende av föroreningsgraden. Svartvatten, eller urin, behandlas separat för att återvinna näringsämnen och energi i form av biogas. Återvunna näringsämnen kan sedan användas på jordbruksmark, vilket minskar behovet av mineralgödsel.

Fördelarna med källsorterande avloppssystem inkluderar ökad potential för resurseffektiv återvinning av mycket stor del av växtnäring, värme, vatten och biogas och minskad användning av dricksvatten. Nackdelarna inkluderar behovet av ny infrastruktur för hantering av olika avloppsfraktioner, som inte finns i stora delar av samhället idag. Källsorterande system kräver en separat hantering och rening av gråvatten, svartvatten och industrispillvatten. Som med de flesta nya system finns tekniska utmaningar och en farhåga är högre kostnader för underhåll av ledningsnät då det rör sig om fler ledningar. Att vakuumsystem för svartvatteninsamling behöver vara täta för att fungera betyder att ledningsnätet behöver hållas efter, men innebär också att risken för läckage är minimal. Vakuumsystem är inte heller en specifik lösning som bara används för källsorterande system utan kan även användas i andra system för att minska vattenanvändning vid transport av avloppsfraktioner. Tillskottsvatten bör inte förekomma i källsorterande system för att upprätthålla systemets fördelar. Detta kan vara en utmaning med tanke på att täta ledningsnät är svåra att upprätthålla med ökande ålder. Därför kan det vara en fördel om de källsorterande systemen byggs lokalt eller att hanteringen av dessa

på annat sätt minimerar risker för inläckage. Att anläggningarna ofta är relativt lokala leder till mindre behandlingsanläggningar än i dagens system. Dock kan platsbehovet och kostnaderna som i mindre system kan bli relativt höga i relation till storleken utgöra ett hinder för lokala system. En lokal och småskalig produktion av närsalter kan även skapa utmaningar för avsättning, främst för att volymerna blir små. Grävattenrening som innebär att behandlat vatten släpps ut lokalt, kan innebära juridiska utmaningar med dagens regelverk. En fördel med lokal behandling av grävatten är dock ett minskat behov av ledningsnät för avloppsöverföringen, vilket normalt är en mycket stor kostnadspost för avloppssystemet.

Projektgruppen bedömer att enbart källsorterande system i hela samhället är osannolikt på kort, och även på lång sikt, men utgör det främsta alternativet för nya stadsdelar, eller vid utbyte av föråldrad infrastruktur. För hushåll med decentraliserade avloppslösningar utgör källsorterande system redan idag ett hållbart alternativ, förutsatt att de olika fraktionerna kan hanteras på ett lämpligt sätt. Detta inkluderar även exempelvis hanteringen av svartvatten eller slamfraktioner vid kommunala reningsanläggningar.

#### **Funderaren - om att tänka utanför rören**

Urinsorterande tekniker anses ofta vara för komplicerade, då det skulle behövas separata ledningar för transport av urin. Det finns dock andra lösningar som bygger på samma princip som hämtning av exempelvis matavfall vid hushåll för rötning och spridning av biogödsel. I projektform har man dessutom redan testat urinoarer som komplement till bajamajor för såväl män som kvinnor där urinen samlas in och sedan torkas. Den torkade urinen har sedan använts som gödningsmedel. Kan metoder från avfallshantering tjäna som modell för hantering av vissa avloppsfraktioner?

### **3.3 Från avloppsreningsverk till resursanläggning**

Ett annat framtidsscenario utöver källsorterande system i hela samhället är att fokusera på centrala resursanläggningar. Med detta menas att dagens avloppsreningsverk och tillhörande infrastruktur omvandlas till resursanläggningar genom att fokusera på resursutvinning och avancerad rening av spillvatten som hanteras där. Mer om detta finns presenterat i bilaga, Delsyntes 5. I detta scenario leds hushållspillvatten och industrispillvatten som idag direkt till det centrala avloppsreningsverket där de behandlas tillsammans. Avloppsreningsverket uppgraderas dock med resurseffektiva processer för att återvinna olika resurser som återfinns i spillvattnet. En lokal dagvattenhantering, och även andra åtgärder för att minimera mängden tillskottsvatten, görs även här och systemet fungerar även med visst tillskottsvatten, även om det är mindre effektivt.

På resursanläggningen genomgår spillvattnet en avancerad rening för att producera vatten av olika kvaliteter för industriella ändamål, bevattning eller andra verksamheter. Även möjligheten till en återanvändning för hushållsändamål som till exempel toalettspolning samt dricksvattenproduktion finns vid implementering av nödvändiga reningstekniker och utbyggnad av separata ledningsnät.



Biobränsle och värmeenergi utvinns i högre utsträckning än idag, och används för olika samhällsfunktioner. Dessutom kommer närsalter extraheras i en större omfattning än idag, både från spillvatten och från slam för användning på jordbruksmark.

Fördelarna med scenariot som beskrivs ovan är framför allt användning av befintlig infrastruktur och storskaliga processer som är signifikant resurs-effektivare än de som gäller för samma processer i mindre skala. Även om resursanläggningar har ett ökat fokus på resursåtervinning gör blandningen av olika avloppsfraktioner och utspädningen med tillskottsvatten ändå att återvinningsgraden av framför allt kväve blir avsevärt lägre än för källsorterande system med kväveåtervinning. Andra nackdelar inkluderar behov av kontinuerlig utbyggnad av både anläggningar och ledningsnät, för att möta befolkningstillväxten på samma sätt som i dagens system.

Projektgruppen bedömer att konceptet med resursanläggningar har potential att snabbt förbättra dagens system genom att fokusera på resursutvinning och avancerad rening av spillvatten. Dock är det viktigt att notera att återvinningen av resurser är begränsad när avloppsfraktionerna blandas, vilket innebär att den maximala nyttan inte kan uppnås jämfört med källsorterande system.

#### **Funderaren - om ett näringsdilemma i reningsprocessen**

Biologiska reningsprocesser vid avloppsreningsverk som omvandlar kväve i spillvatten till kvävgas lider ibland av fosforbrist på grund av ett framgångsrikt uppströmsarbete med exempelvis förbud av fosfor i tvättmedel. Detta medför att fosfor kan behöva tillsättas reningsprocessen. Känns inte detta märkligt sett utifrån ett resursperspektiv eftersom det går stick i stäv med utvinningsmålet av närsalter?

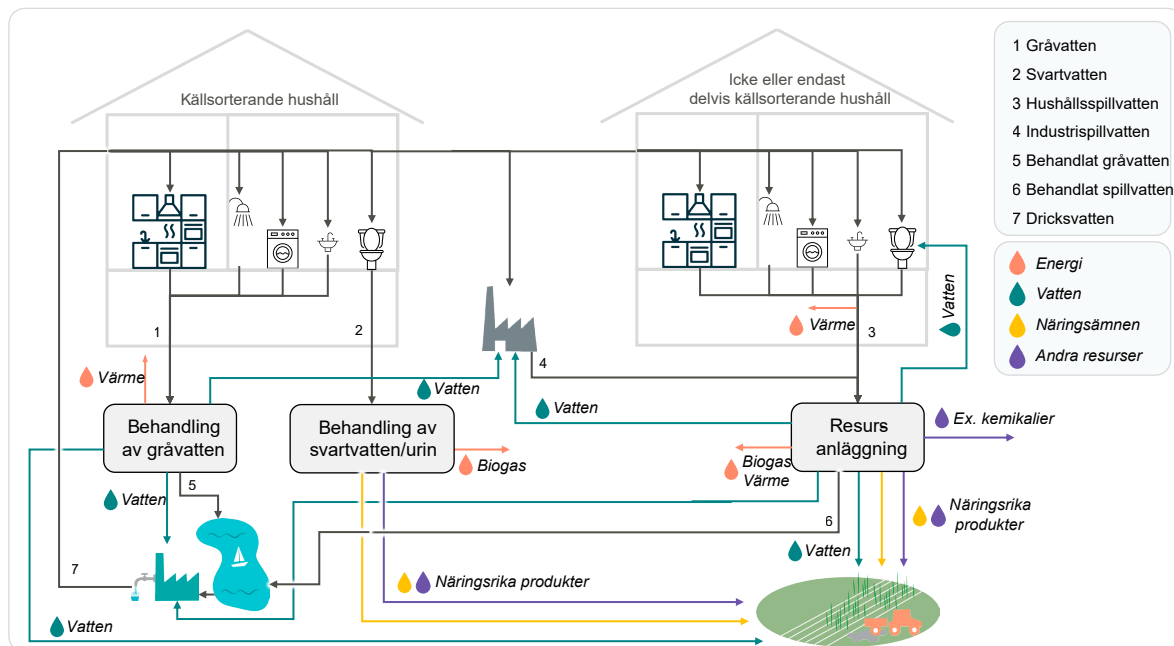
### **3.4 Samhällsanpassat kombinationssystem**

Ett innovativt tillvägagångssätt för att uppnå ett resursfokuserat system är genom samhällsanpassade kombinationssystem, där fördelarna med källsorterande system och centrala resursanläggningar för att hantera spillvatten och resurser på det mest resurseffektiva sättet nyttjas.

Ett exempel på ett sådan kombinationslösning, presenterad i Figur 9 (se Del-syntes 5 i bilagan för en detaljerad beskrivning), integrerar både källsorterande system (se 3.2) och centraliserade resursanläggningar (se 3.3). Genom att dra nytta av fördelarna från båda systemen kan nackdelarna som uppstår vid tillämpning av dessa system undvikas. Detta innebär att olika hushåll och samhällen kan ha olika kombinationer av denna lösning, beroende på lokala förutsättningar och behov. I nyetablerade områden, och vid uppgradering av befintliga bostäder är ansatsen att separera olika avloppsfraktioner redan i hushållen. Detta möjliggör för en lokal behandling av dessa fraktioner och återvinning av resurser såsom vatten, värme och näring. Fraktioner som inte kan hanteras lokalt tillförs spillvattennätet som även tar emot spillvatten från hushåll utan källsortering och industrier. I existerande hushåll/områden utan källsortering används befintlig infrastruktur tills dess att uppgraderingar till delvis eller helt källsorterande system kan genomföras.



Spillvatten som leds till centrala resursanläggningar behandlas med syftet för en maximal resursåtervinning inklusive vatten, energi och näringsämnen. Ifall en återvinning inte bedöms ändamålsenlig, som till exempel kväve från spillvatten, säkerställer en resurseffektiv rening av spillvatten att inga farliga föroreningar släpps ut till miljön. För att maximera resursutvinningen och samtidigt minimera resursåtgången för rening av spillvatten, är det viktigt att minska tillskottsvatten.



Figur 9. Schematisk överblick över resursfokuserad samhällsanpassad kombinationslösning. Färgade pilar illustrerar vägar för återanvändning alternativt återvinning av resurser som huvudsakligen är aktuella i scenariot.

Kombinationssystemet som beskrivs ovan erbjuder flera fördelar, såsom flexibilitet i utbyggnadstakten, som inte är beroende av omfattande infrastrukturändringar för att komma igång, möjlighet till anpassning efter lokala förutsättningar och möjligheten att förlänga livslängden på befintliga avloppsreningsverk. Kombinationssystemet har också potential att cirkulera mer resurser än dagens system och system som bygger helt på centrala resursanläggningar. Detta är möjligt eftersom en successiv utbyggnad till källsorterande hushåll även successivt minskar spillvattenmängden och utspädningen till den centrala resursanläggningen, vilket möjliggör en resurseffektiv hantering av spillvatten utan behov av kontinuerliga kapacitetsökningar. De utmaningar som finns och som inkluderar att spillvatten-nätet behöver uppgraderas behöver ändå hanteras men är inte systemkritiskt, även om resursutvinningen från och reningen av spillvatten vid den centrala reservanläggningen blir mindre resurseffektiv. En avsättning av framtagna produkter från källsorterade avloppsfraktioner såsom närsalter behöver dock vara på plats innan tekniker för utvinning implementeras lokalt. I kombinationslösningen finns annars optionen att behandla dessa fraktioner centralt.

En implementering av olika åtgärder i hushåll, eller den centrala resursanläggningen kan sättas igång omedelbart, utan att hänsyn till en stor samhällsplanering behöver inväntas, dock kräver implementeringar nya eller komplette-

rande installationer. **Införandet av exempelvis urinsortering och hantering i vissa hushåll eller bostadsområden gynnar direkt både en cirkulär resursanvändning och en lägre belastning på den centrala anläggningen.** Ett relativt enkelt nyttjande av värme ur gråvatten från endast bad, disk och tvätt i hushåll kan implementeras relativt snabbt och ökar hushållens energieffektivitet. Samma gråvatten fraktion kan också efter erforderlig rening på plats återanvändas i hushåll för exempelvis toalettspolning. Lokal återvinning av gråvatten kan ge mindre förbrukning av vatten och energi och minskar mängden spillvatten som leds till resursanläggningen, samtidigt som en lägre utspädningsgrad nås.

Den samhällsanpassade kombinationslösningen bedöms av Projektgruppen som ett realistiskt och framgångsrikt alternativ för Sveriges framtida avloppshantering.

#### **Funderaren - om slutna system för vatten**

En ökande mängd föroreningar i samhället och ökade krav på minskade utsläpp kräver att dagens avloppssystem kompletteras och förbättras. Förändringar som kommer ta stora resurser i anspråk. Skulle slutna system för vatten, som redan tillämpas i många industrier, vara en mer hållbar lösning som samtidigt gör att mindre föroreningar släpps ut till miljön?

## 4. Vägen framåt

Syntesarbetet har påvisat att avloppsinnehåll utgör en central del av samhällets omvandling mot hållbarhet genom cirkulär resurshantering och minskade miljöutsläpp, vilket är viktigt för hållbar tillväxt. Även om tillgången till resurser som energi, näringsämnen och vatten är avgörande för samhället, kan dagens sätt att utvinna dem inte anses vara resurseffektivt eller hållbart med tanke på planetens gränser. Avloppsinnehåll utnyttjas inte fullt ut när de föreligger i avlopp. Detta sker trots att dessa resurser skulle kunna täcka en signifikant del av samhällets behov och därmed både göra vårt samhälle mer resiliент, minska negativ miljöpåverkan orsakad av resursuttag och utsläpp från avloppshantering, och möjliggöra en vidare samhällsutveckling.

En mycket viktig aspekt som lyfts i syntesprojektet är att en effektivare användning av resurser i samhället är delvis avgörande för en framgångsrik cirkulär hantering av resurser från avlopp. Kan en onödig användning av en resurs, till exempel i en större mängd än vad en användning kräver, eller för ett användningsområde som skulle klara sig med en mindre högkvalitativ resurs, undvikas, ökar även möjligheten till att en utvinning och återanvändning av olika resurser från avlopp kan täcka en större del av samhällets behov. Det är dessutom principiellt samma drivkrafter som involveras för en effektivare resursanvändning som för utvinning och återanvändning av en resurs.

Syntesprojektet har även visat att det redan idag finns både kunskap och erfarenheter om tekniker och systemlösningar tillgängliga för att utvinna och återanvända resurser ur avlopp i en större skala än vad som sker idag, men ändå görs det inte, vilket vi adresserar mer i detalj nedan. Det sker även en utveckling av nya innovativa tekniker för att kunna utvinna ännu fler resurser från avlopp eller kunna göra utvinningen på ännu mer resurseffektiva sätt. Denna utveckling styrs dock mycket av efterfrågan och har därför delvis inte drivits framåt i Sverige. En utveckling av innovativa tekniker och en förbättring av redan existerande tekniker skulle dock ta fart om marknaden skulle efterfråga dessa. Teknikutveckling och -implementering bromsas därför av dagens inlåsta hanteringsätt för olika avloppsfraktioner. Syntesprojektet beskriver också ett system för Sveriges framtida hantering av avlopp som kombinerar källsorterande system med centrala resursanläggningar. Systemet ska bidra till en flexibel och kraftfull utveckling av samhällets hantering av avloppsfraktioner som inkluderar de bästa förutsättningarna som behövs för en resursutvinning och återanvändning som samtidigt tar hänsyn till existerande infrastruktur och andra samhällsbehov.

Att resurser som finns i avloppsfraktioner inte nyttjas idag beror delvis på ett förlegat, och dessvärre fortfarande dominerande syn på slit-och-släng-samhället som utnyttjar jungfruliga resurser, använder och förorenar dessa för att sedan bli kvitt de på enklaste sätt. Även om det för avloppsrening kommer nya krav på löpande band för att hålla jämna steg med den ökade negativa miljöpåverkan på grund av en otillräcklig hantering, hanterar vi fortfarande avlopp som en avfallsprodukt istället för den resurs det är. Detta beror delvis också på att en mer hållbar hantering av olika avloppsfraktioner och en resursutvinning kräver att samhället är förberett för att detta ska kunna ske. Detta är något vi behöver ändra på.

Följande aspekter önskar Projektgruppen lyfta fram som avgörande för att vägen framåt för ett ökat cirkulärt nyttjande av avloppsresurser ska lyckas. Vi lyfter även fram hur myndigheternas och andra berörda aktörers roll i detta kan se ut.

## 4.1 Tänk helhet

Avloppssystemen i samhället eller enskilda avlopp bör betraktas som en helhet och som en del av det samhällssystem det verkar i. Även de olika resurser som finns i avloppet bör ses som en sammankopplad resurs, där synergier ger ett större värde av alla dessa resurser gemensamt jämfört med vad en enskild resurs ger. Detta betecknas ibland som vatten-energi-närings-nexus då samtliga av dessa resurser behövs i samhället, men kan även inkludera flera andra resurser. Systemperspektivet är avgörande för att minimera onödig resursanvändning och olika sub-optimeringar. Det är viktigt att systemperspektivet kan sträcka sig från en specifik anläggning till planetens gränser och därmed påverkas bedömningen av vad som är hållbart för dessa olika systemgränser. Tankesättet att ta hänsyn till helheten är i grunden redan accepterat av samhället, men den faktiska omsättningen och implementeringen har inte satts i gång ännu.

Projektgruppens bedömning är att ett samhällsanpassat kombinationssystem, där reningsverk omvandlas till resursverk och där systemet förändras efterhand, är ett lämpligt framtidssystem för Sverige. Förändringen till ett kombinationssystem innebär att mer källsorterande system eftersträvas, samtidigt som tillskottsvatten minimeras. Givet de förutsättningar som finns i den byggda infrastrukturen, kommer omställningar av avloppssystemen ta tid. Beroende på omfattningen av ändringarna tar omställningen olika lång tid. Det föreslagna systemet tillåter dock ändrade samhällsprioriteringar. Hastigheten för omställningen är beroende av samhällets egen ambition och önskan om en förändring och innebär inte en omställning från ett till ett annat system över en natt. Det finns också lokala och regionala förutsättningar som bör beaktas vid val av systemlösningar. Ingen specifik lösning eller teknik bedöms passa alla, varför regelverk och policys behöver vara stödjande och möjliggöra flera olika typer av lösningar.

Vinsterna med att börja utnyttja resurserna som finns i avloppsvatten kan vara betydande och det är viktigt att omställningen kommer igång. En viktig startpunkt är ett kraftigt förändrat synsätt på spillvattensystemet från något som ska hantera och minimera föroreningar till ett viktigt insamlingsystem för resurser. Som exempel har avfallssektorn visat på att sådana förändringar av synsätt är möjliga när viktiga aktörer drar åt samma håll.

För ett effektivt resursutnyttjande är det av vikt att substratströmmarna är så rena som möjligt, något som också är applicerbart på avfall. Uppströmsarbete för spillvattnet kommer fortsatt vara viktigt för framtida spillvattensystem, även där avancerade behandlingstekniker sätts in för vattenrening och slambehandling. Utvinning av olika resurser bli både enklare och resurseffektivare ju mindre föroreningar som hamnar i de olika avloppsfractionerna.

## 4.2 Samverkan

En ökad återvinning och återanvändning av resurser från avlopp kommer inte kunna drivas och implementeras av enstaka aktörer även om utvecklingen idag ofta drivs av enskilda aktörer. För att ta fram och identifiera de mest resurseffektiva lösningarna för en realisering av kombinationsscenarierna av källsorterande system och resursanläggningar behövs en samverkan mellan alla berörda aktörer inklusive kommuner, teknikleverantörer, forskningsinstitut, akademi och inte minst myndigheter. Även om det krävs att förutsättningar tillrättaläggs, och incitament från myndighetsnivå för en bättre resursutvinning, kan de mest resurseffektiva lösningarna endast implementeras i samverkan av olika aktörer. Detta gäller särskilt om dessa lösningar kräver ett initialt forsknings- och utvecklingsarbete. En symbios med den svenska industrin är en annan avgörande aspekt som behöver tillrättaläggas så att resurser som kan utvinnas ur avlopp kan återanvändas av industrin för en hållbar omställning.

Det öppna arbetssätt som är unikt för Sveriges VA-kollektiv, där erfarenheter och kunskap som tas fram av en aktör, öppet delas med alla andra aktörer, utgör i detta sammanhang en enorm styrka som bör nyttjas genom ett brett nationellt samarbete. Inom ett sådant samarbete kan aktörer hjälpa varandra att identifiera bra och dåliga lösningar. Samtidigt kan hinder på grund av rättsliga och ekonomiska begränsningar diskuteras och olika aktörer kan hjälpa varandra framåt. En viktig aspekt när man byter fokus till cirkularitet är att kostnader och nyttor oundvikligen flyttar mellan aktörer. Detta gör det extra viktigt med samverkan och en gemensam vision i aktörssamarbetet om ett hållbarare samhälle totalt sett, snarare än exempelvis minimering av just den egna organisationens kostnader.

Myndigheternas roll i en gemensam samverkan blir viktig, eftersom både stöd med myndigheternas expertis och finansiellt stöd under utvecklings- eller implementeringsfasen behövs. Även att klargöra myndighetsansvar i frågor som berör återvinning och återanvändning av resurser från avlopp behövs och har till exempel även varit ett av förslagen från den Nationella samordningsgruppen för dricksvatten till regeringen avseenden återanvändning av vatten (Livsmedelsverket, 2023). Det är också myndigheterna som genom till exempel utlysningar och tillstånd är avgörande för att styra utvecklingen och implementering av hållbara lösningar. Myndigheternas agerande och kommunikation är viktig för acceptansen av nya lösningar i samhället. Det är genom dem en samhällsanpassning med avseende på en ökad återvinning och återanvändning av resurser från avlopp kan åstadkommas. På samma gång behöver myndigheter använda sig av sin expertis och tillgängliga verktyg för att bedöma och hantera eventuella risker. Det är viktigt att både risker med nya system och tekniker, som med dagens hantering utvärderas, och att både resurser och utsläpp värderas i respektive fall.

Eftersom avloppshantering allmänt, och den förslagna utvecklingen i samhällsanpassat kombinationsscenario i synnerhet, i princip berör samtliga samhällssektorer, berörs även alla svenska myndigheter i denna utveckling. Utan en aktiv och effektiv samverkan mellan svenska myndigheter kommer den förslagna samhällsutvecklingen inte kunna genomföras. Även om olika processer som ska öka myndigheternas samverkan inom hållbarhetsfrågor redan är i gång, har arbetet med Syntesprojektet indikerat att flera myndigheter saknar mandat, kunskap eller arbetsinstruktioner om arbetet för en samverkan kring hållbara avloppslösningar.

## 4.3 Kunskap och utredningsbehov

Syntesprojektets bidrag i form av denna rapport och de olika delsynteserna, bör kunna ge en bättre förståelse för behovet av en ökad myndighetssamverkan. En kontinuerlig samverkan i framtiden kommer dock kräva en kontinuerlig uppdatering av kunskapsläget både till myndigheter och andra berörda samhällsaktörer. En oberoende rådgivande expertgrupp bestående av experter från olika områden inom avloppshantering och från olika organisationer som akademi, forskningsinstitut, kommuner och myndigheter skulle kunna stödja myndigheter i denna samverkan. Gruppen skulle även kunna vara ansvarig för en regelbunden uppdatering av kunskapsläget exempelvis vart femte år, som därefter kan användas av myndigheterna för en effektiv planering och utgöra stöd för ett fortsatt implementeringsarbete.

Myndigheter behöver även på ett kontinuerligt sätt inhämta aktuell kunskap om både resurser i avlopp, tekniska lösningar, verktyg för att bedöma risker och nyttor med mera. Detta skulle även kunna ske, utöver att vara en rådgivande expertgrupp, genom utbildningsinsatser av olika myndigheter som genomförs av exempelvis forskningsinstitut eller akademi med kunskap i dessa områden.

Ett ökat erfarenhetsutbyte mellan myndigheter, och ett ökat stöd till framför allt nya tjänstepersoner, behövs för att tolka och tillämpa lagstiftning på ett sätt som tillåter önskad samhällsutveckling. Ett mentorskapsprogram föreslås också för att erfarna handläggare och referensfall ska kunna nyttjas i högre grad, och för att förebygga en fastlåst och odynamisk handläggning av till exempel tillståndsansökningar. Här föreslås också att vägledning från olika myndigheter till andra myndigheter om hur lagstiftningen ska tolkas bör nyttjas i högre grad. Dessa vägledning skulle exempelvis kunna tas fram med stöd av den nämnda expertgruppen, vilket även skulle kunna hjälpa VA-organisationer i sin planering.

Även om Syntesprojektet har visat att det redan idag finns mycket kunskap och många erfarenheter kring olika tekniker och lösningar som kan nyttjas för omsättning av kombinationssystemet, bedömer Projektgruppen att det finns ett fortsatt utredningsbehov för att möjliggöra ett mer effektivt nyttjande av resurser från avlopp. Dessa inkluderar att:

- Ytterligare kartlägga olika resurser och föreningar i olika avloppsfraktioner för att bättre kunna bedöma potential, utmaningar och eventuella risker. Med denna kunskap skulle en bättre bedömning av lämpliga tekniker och lösningar för att hantera olika avloppsfraktioner kunna göras.
- Ytterligare undersöka potentialen med återvinning av olika resurser från avlopp ur ett systemperspektiv. Kostnader i form av både miljöpåverkan och kostnader som dagens system medför bör inkluderas i analysen.
- Belysa risker med dagens hanteringssystem och fylla kunskapsluckor om miljöpåverkan från dagens system. Det saknas exempelvis tillförlitliga underlag för dagens hantering, exempelvis för miljöpåverkan från slam som används vid tillverkning av anläggningsjord, inklusive klimatpåverkan och övergödningspotential.
- I större utsträckning använda och utveckla de verktyg som finns för bedömning av tekniker och system, som till exempel livscykelanalys, för att undvika suboptimering. Samtidigt bör användarstöd och grundläggande principer tas fram för användning av olika verktyg för att säkerställa en korrekt användning och förståelse om begränsningar.

- Ta större hänsyn till att vatten- och avloppssystem är sociotekniska system i arbetet med forskning och utveckling. Vatten- och avloppssystemet påverkas både av hur människor interagerar med systemet genom exempelvis vad de spolar ned i toaletten, och påverkar möjligheten att använda återvunna resurser från avloppssystemen. Forskning och utveckling behövs fortsatt inom tekno-ekonomiska aspekter, men behöver kompletteras mer med forskning om de sociala aspekterna.
- Det behövs medel och tillstånd för att testa tekniker och system i pilot- och fullskala, då det finns kunskap och lärdomar som inte kan utredas endast i teori, utan dessa kräver praktiska långtidsutvärderingar. Kunskapsuppbyggnad behövs bland annat om teknikernas effektivitet, resursförbrukning, miljö-påverkan och begränsningar, samt för att samla praktiska erfarenheter. Här kan exempelvis nationella samverkansprojekt (fyrtronsprojekt) mellan olika myndigheter och andra aktörer skapa referenskunskap för en anpassning av myndighetens arbete och regelverk, samt en bred samhällsimplementering.

För att forskning och utveckling ska formeras enligt ovan uppsatta behov krävs det att det finns projektfinansiering som tillåter och möjliggör detta. Projektgruppen vill lyfta fram att det krävs stora resurser för att utreda systemen på ett sätt som innebär att systemgränserna blir tillåtande och att suboptimering undviks. Risker med nya system och tekniker behöver kunna vägas mot risker med de system och tekniker som finns idag, så att inte ensidigt riskfokus finns på de nya teknikerna och systemen.

#### **Funderaren - om vikten av att testa nya lösningar och våga misslyckas**

Ingen utveckling utan bakslag är något de flesta är eniga om. Forskning och utveckling inom avloppshantering är inget undantag. Det kan vara lösningar som i teorin, eller på labbskalebänken, ser lovande ut, men som vid faktiska pilot- eller fullskaletester visar sig vara begränsande och mindre hållbara. Dessa resultat är dock också viktiga resultat, och oberoende om en lösning kan förkastas eller förbättras efter misslyckande tester, bidrar även detta till samhällets övergripande framdrift mot en hållbar utveckling. Initialt lovande forskning- och utveckling bör därför tillåtas att misslyckas och resultaten och erfarenheterna bör spridas. Hur säkerställs det att erforderliga resurser tillgängliggörs för utveckling av resurs-effektiva VA-system på samma sätt som medel för läkemedelsrening kunnat boosta utvecklingen av avancerad rening av mikroförroreningar?

## 4.4 Incitament och styrmedel

För att en omställning ska kunna ske är det viktigt att det finns en tydlig samhälls-inriktning som ger förutsättningar för aktörer att verka i. Nationella mål för cirku-lära resurser och stödjande lagstiftning är en viktig del. Att befintliga stödsystem och prissättning av resurser inte ger konkurrensfördelar till ofördelaktiga system är också viktigt för att en systemomställning ska lyckas. Ett exempel är dagens prissättningsmodell för vatten i Sverige, där vatten som naturlig resurs är ”gratis”, och där enbart kostnader för hantering av vattnet debiteras konsumenten. Detta



system ger inte incitament för varken vattenbesparande åtgärder eller återvinning och återanvändning av vatten. Här har speciellt myndigheterna en enormt viktig roll; såväl i att hjälpa till att ta fram nationella målsättningar som att se över befintliga stödsystem. Därutöver att utreda och få på plats en rättvis prissättning på resurser. Även vid framtagandet av en ny stödjande lagstiftning, spelar myndigheterna en stor roll.

Den nationella inriktningen från politiskt eller myndigheternas håll är av betydelse för att en större och harmoniserad utveckling av våra VA-system ska komma till stånd nationellt. Ingen enskild aktör kan ensam förändra på systemnivå. Exempelvis behöver VA-verksamheterna mandat och legitimitet för att förändra VA-systemen till något de inte är idag – resursutvinningsystem. Det behöver tydligt vara en del av deras uppdrag för att en större förändring ska komma till stånd och bestäms från politiskt håll, lokalt såväl som nationellt. Även utanför VA-systemet behöver förändringar ske för att resurser från avlopp ska kunna komma till återanvändning. Teknikleverantörer kan utveckla nya lösningar för återbruk, men har svårt att sälja in dessa om det inte finns tydliga ramverk för att produkterna som framställs med säkerhet får användas. Jordbrukarna kan inte använda återbrukade resurser om det inte är tydligt att det är lagligt. Återvunna produkter ärdessutom ofta dyrare än konventionella produkter och detta utgör ytterligare hinder. Utan tillräckliga styrmedel eller förändrade stödsystem och prissättningsmodeller av naturresurser blir omställningen utmanande. Prissättningen behöver ta hänsyn till den totala kostnaden av både tillverkning av en resurs och lämpligt omhändertagande efter användningen.

Både lagar och policys behöver utvecklas. Inom rådande lagstiftning kan en stor del förändringar åstadkommas med lämplig styrning. På många sätt är detta ännu viktigare än den tekniska utveckling som till stor del redan pågår. Rätt policys och styrmedel kommer även möjliggöra för en snabbare teknisk utveckling. Regelverken är viktiga, men vad myndigheterna väljer att prata om, och hur de pratar, påverkar i hög grad den generella opinionen. Den nationella politiken påverkar myndigheterna genom bland annat regleringsbrev och direktiv, men myndigheternas arbete kan också i hög grad påverka politiken och den opinion som finns.

Ett exempel på ett viktigt område där tydliga regelverk behöver finnas på plats för att möjliggöra för resursåtervinning är regelverk kring produktifiering av återvunna resurser. Regelverk och policys kring återvunna produkter är kraftigt sammanlänkade med acceptansen för desamma. Att det finns tydliga regelverk kring produktion och användning av återvunna produkter är en förutsättning för acceptans genom kedjan. Acceptans för såväl tekniker som för produkter är i sin tur en förutsättning för att återbruk kan ske.

Lag- och policyändringar som Projektgruppen ser ett behov av inkluderar:

- **Tydligt regelverk för återvunna produkter.**

Regelverket bör ha fokus på produktens kvalitet och inte ursprung i så hög grad som möjligt. Här bedöms Fertilizer Product Regulation (FPR) kunna ha både en stödjande effekt för de material, processer och produkter som omfattas, men även en hindrande effekt på de material, processer och produkter som inte omfattas av regelverket. FPR bör utökas för att omfatta fler produkter med ursprung från avlopp.

- **Vidga VA-verksamhetens uppdrag.**

Uppdraget bör inkludera exempelvis uppströmsarbete, återanvändning och resurseffektivisering för att möjliggöra för satsningar inom dessa områden. Detta kan till exempel åstadkommas genom en anpassning av Lagen om allmänna vattentjänster (LAV) där även en hållbar prissättning av olika resurser kan inkluderas.

- **Målsättning för återvinning och återanvändning.**

Nationella mål för en minsta återvinning och återanvändning av olika resurser bör definieras och anpassas i takt med implementering av kombinationssystemet. För fosfor och kväve kan en sådan målsättning till en början ligga på minst 80 % respektive 20 % på nationell nivå, men bör ökas allt eftersom systemen har kunnat byggas om till mer källsortering. Även för energiutvinning kan ett minsta mål i form av andel utvinning biogas och värmeenergi sättas upp även om dessa idag framstår som svårare att kvantifiera. Riktade insatser i form av projekt- eller implementeringsstöd bör kopplas till målsättningen.

- **End of Wastewater**

Likt ”End of Waste”-kriterierna som gäller generellt för avlopp bör avloppsvatten kunna klassas om från avloppsvatten till exempelvis tekniskt vatten. Detta för att möjliggöra för användning som avloppsvattenklassningen idag förhindrar.

Andra styrmedel som myndigheter kan ta till för en ökad återvinning och återanvändning av resurser från avlopp är att koppla och samordna utlysningar och implementeringsstöd inom olika områden till denna satsning. Eftersom kunskapen om, och acceptansen för olika lösningar fortfarande behövs, bör större samverkansprojekt som kan agera som referens inför en bred fullskaleimplementering stödjas i högre grad. Samtidigt behöver myndigheter säkerställa att en objektiv utvärdering av dessa referensprojekt görs, till exempel genom krav på oberoende tredjepartsmedverkan och expertgranskning av projektresultaten. Olika befintliga testbäddar för pilot- och fullskaletester som underlättar en teknisk utveckling för förverkigandet av samhällsanpassade kombinationssystem bör stödjas, då de praktiska erfarenheterna av olika lösningar är en förutsättning för att lyckas med omställning. Det är viktigt att lärdomar från dessa områden, såväl framgångar som misslyckanden, kan dokumenteras och överföras till övriga aktörer.

För en omsättning av kombinationssystemet till verklighet, som både är snabb och resurseffektiv, bedöms en tillgångsberoende prissättning av olika resurser vara en bra väg att gå framåt.

## 5. Källhänvisning

Ahlgren, S., Junestedt, C., Ahlström, M., Lundin, E., 2020. Återvinning av växt-näringsämnen ur avloppsvatten – hur gör vi hållbarhetsbedömningar på bästa sätt? RISE Rapport: 2020:16.

Baresel, C., Magnér, J., Magnusson, K., Olshammar, M., 2017. Tekniska lösningar för avancerad rening av avloppsvatten (Nr C 235). IVL Svenska Miljöinstitutet.

Bünemann, E.K., Reimer, M., Smolders, E., Smith, S.R., Bigalke, M., Palmqvist, A., Brandt, K.K., Möller, K., Harder, R., Hermann, L., Speiser, B., Oudshoorn, F., Løes, A.K., Magid, J., 2024. Do contaminants compromise the use of recycled nutrients in organic agriculture? A review and synthesis of current knowledge on contaminant concentrations, fate in the environment and risk assessment. *Science of The Total Environment* 912, 168901. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168901>

Energimyndigheten 2024. Effektiv användning av energi, effekt och resurser - För att underlätta elektrifieringen. Rapport ER 2024:03. Statens energimyndighet, Bromma.

Energimyndigheten 2022. Energiläget i siffror 2022.  
<http://www.energimyndigheten.se/statistik/energilaget/>

Eriksson, C., 2018. Livsmedelsproduktion ur ett beredskapsperspektiv - Sårbarheter och lösningar för ökad resiliens (SLU Future Food Reports 1). SLU Institutionen för stad och land, Uppsala.

Havs- och vattenmyndigheten 2022. En hållbar vattenresursförvaltning – Ett förslag till strategi för att möta dagens och morgondagens behov av vatten för samhällsutveckling och ekosystem. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2022:3.

Hennlock, M., Matschke Ekholm, M., Karlsson, A.C., Nilsson, Å. 2023. Klimatanpassning 2023 - Så långt har Sveriges kommuner kommit. IVL Svenska Miljöinstitutet, Rapport C765.

Holmgren, G., K Larsson, F., H Johansson, M., Lindblad Hammar, I., 2020. Hållbar slamhantering SOU 2020:3, Statens offentliga utredningar. Stockholm.

Jönsson, H., 2019. Fosfor, kväve, kalium och svavel – tillgång, sårbarhet och återvinning från avlopp (Rapport No. 105). Uppsala.

Kvarnström, E., Lennartsson, M., Widén, A., 2022. Planeringshandbok för källsorterande avloppssystem i urbana områden, MACRO 3.

Kvarnström, E., af Petersens, E., 2004. Open planning of sanitation systems (2004–3). Stockholm Environment Institute, Stockholm.

Malovanyy, A., Johannesdottir, S., Schwede, S., Ahlgren, S., Flodin, E., Shanmugam, K., 2022. Återvinning av näringsämnen från avlopp (No. 2022– 06). Svenskt Vatten Utveckling.

Livsmedelsverket, 2023. PM 2023: Vatteneffektivisering, återvinning och återanvändning av vatten- Slutsatser från en myndighetsgemensam workshop. Livsmedelsverkets PM. Uppsala.

- Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S.E., Donges, J.F., Drüke, M., Fetzer, I., Bala, G., von Bloh, W., Feulner, G., Fiedler, S., Gerten, D., Gleeson, T., Hofmann, M., Huiskamp, W., Kummu, M., Mohan, C., Nogués-Bravo, D., Petri, S., Porkka, M., Rahmstorf, S., Schaphoff, S., Thonicke, K., Tobian, A., Virkki, V., Wang-Erlandsson, L., Weber, L., Rockström, J. 2023. Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances* 9, eadh2458. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>
- Ryberg, M.W., Bjerre, T.K., Nielsen, P.H., Hauschild, M., 2021. Absolute environmental sustainability assessment of a Danish utility company relative to the Planetary Boundaries. *Journal of Industrial Ecology* 25, 765–777. <https://doi.org/10.1111/jiec.13075>
- Schoebitz, L., Andriessen, N., Bollier, S., Bassan, M., Strande, L., 2016. Market driven approach for selection of faecal sludge treatment products. *EAWAG/Sandec*.
- Soutukorva Swanberg, Å., Nordzell, H., 2022. Samhällsekonomisk analys av sorterande avloppssystem. Ramböll. MACRO 3.
- UN 1992. International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st century. United Nations Environment Programme, & World Meteorological Organization <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/30961>.
- UN – United nations 2024. Global Resources Outlook 2024: Summary for Policy-makers by the International Resource Panel. United Nations Environment Assembly of the United Nations, Environment Programme, UNEP/EA.6/INF/10.
- WHO, 2006. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater, Volume 4: Excreta and greywater use in agriculture.
- Wood, A., Blackhurst, M., Lawler, D., 2016. Social Acceptance as a Prerequisite for Social Sustainability 190–196. <https://doi.org/10.1061/9780784479865.020>
- Wärff, C., Ahlström, M., Arnell, M., 2020. Processmodellering av avloppsreningsverk: Kunskapsspridning om ett kraftfullt verktyg för drift och design. *Svenskt Vatten Utveckling, rapport 2020-3*.

## 6. Bilaga

### 6.1 Förklaringar till Figur 2 och Figur 3 i rapporten

Figur 2 ger en schematisk beskrivning av vattnets väg från vattenverk till hushåll relativt olika ämnen som återfinns i vatten såsom fosfor, kväve och läkemedel angivna i procent. Där det är möjligt har vi i figuren angett dagliga mängder av olika flöden och respektive ämnen enligt en procentuell fördelning. Merparten av dessa uppgifter baseras på referensdata och vid avsaknad av dessa har särskilda antaganden varit nödvändiga och i dessa fall anges vilka begränsningar som råder. För att tydliggöra de antaganden och begränsningar som förekommit, beskrivs detta nedan tillsammans med använda referenser och eventuella antaganden som varit nödvändiga. För några av uppgifterna återfinns det även information i framför allt Delsyntes 1 i bilagan 6.2.

#### Förklaringar till Figur 2

##### Vattenverk

- **Dricksvattenproduktion:** Baserat på angivna förluster på ca 20 % i ledningsnätet (SCB 2017) och en vattenförbrukning på 140 l per person och dygn beräknades en produktion på 170 l per person och dygn. Detta avser endast produktion till hushåll. Dricksvattenverk levererar även en viss mängd vatten till industrin och offentlig verksamhet, vilken inte är redovisad i Figur 2 (se Delsyntes 1 för mer information).

##### Hushåll

- **Vatten:** Vattenförbrukning på 140 l per person och dygn baseras uppgifter från Svenskt Vatten (2019), även om SCB (2017) anger en något högre genomsnittlig förbrukning per person och dygn på 157 l. Sju procent (10 l) av detta vatten antas hamna utanför avloppet, då det används för matlagning, förtäring eller avdunstar (Svenskt Vatten, 2019).
- **Avlopp:** Fördelning av hur vattnet används i hushållet varierar något mellan olika källor men uppgiften om hur avloppsvatten fördelas på hushållsnivå baseras främst på Svenskt Vatten (2019).
- **Fosfor:** Uppskattningen av mängden fosfor baseras på relativt gamla referenser från SLU (1998) och Naturvårdsverket (1995, 2013), som anger utsläpp på ca 2,1 g totalfosfor per person och dygn varav ca 1,5 g återfinns i svartvatten medan resten kommer från grävatten. Andra referenser som exempelvis Jönsson et al. (2005) anger något lägre utsläpp. På grund av ändrade kostvanor bedöms andelen fosfor i urin kunna öka till ännu mer än de 50 % som anges i Figur 2. Fördelningen i grävatten baseras på antagandet att fosfor i tvättmedel har fasats ut och att huvudkällan för fosfor således kommer från diskvatten och matrester. Endast relativt små mängder, ca 2 %, antas komma från tvätt respektive dusch/bad.
- **Kväve:** Liket fosfor, är uppskattningen av fördelningen för kväve baserat på relativt gamla referenser från SLU (1998) och Naturvårdsverket (1995, 2013).

Dessa anger ett utsläpp på ca 13,5 g totalkväve per person och dygn, varav den största delen kommer från svartvatten och endast en mindre del från diskvatten och matrester. Även här anger andra referenser som exempelvis Jönsson et al. (2005) något lägre utsläpp eller fördelning mellan olika avloppsfraktioner (Ostermeyerr et al., 2022; se även Delsyntes 1 i bilagan 6.2).

- **COD:** Uppskattningen av den kemiska energin i olika avloppsfraktioner baseras på Jönsson et al. (2005) som anger utsläpp på ca 50 g COD per person och dygn varav en liten del finns i urin och resten fördelas lika mellan fekalier och gråvatten. Diskvatten antas stå för merparten av den kemiska energin i gråvattenfraktionen på grund av matrester och tömning av utgångna flytande matvaror. Energi som kan utvinnas t.ex. som biogas motsvarar ca 0,25 kg CH<sub>4</sub>/kg COD, vilket motsvarar ca 3 kWh/kg COD.
- **Värmeenergi:** Angiva värden för värmeenergin baseras på uppgifter i Arnell et al. (2022) och avser värmeenergin som återfinns från användning främst vid dusch/bad samt tvätt och disk. Värmeenergin bedöms vara fem gånger högre i hushållsspillvatten än den kemiskt bundna energin i form av organiskt material (COD) och har sitt ursprung i uppvärmt tappvatten, från bland annat diskmaskin, tvättmaskin och dusch.

#### Avloppsreningsverk

- **Spillvatten:** Den angivna andelen av 52 % tillskottsvatten bygger delvis på SCB (2017) och en utvärdering av data för samtliga svenska avloppsreningsverk enligt miljörapporter och SMP-data (IVL, inte publicerade). Slutsatsen från dessa var att ca 140 m<sup>3</sup> spillvatten per ansluten person och år behandlas i genomsnitt vid svenska avloppsreningsverk alltså totalt ca 380 liter per person och dag för spillvatten. Med en viss andel industrispillvatten kan därmed mängden tillskottsvatten uppskattas till ca 60 %. Detta är högre än medelvärdet på 43 % som anges av Clementson et al. (2020), men som dock motsvarar ett värde baserat på ett fåtal anläggningar. Även i denna undersökning rapporteras dock ett spann på 20 till 70 % för tillskottsvatten. För de flesta reningsverk varierar även mängden tillskottsvatten mellan olika år.

#### Förklaringar till Figur 3

- **Läkemedel:** För att beräkna andelen läkemedel som återfinns i olika avloppsfraktioner har vi valt att endast fokusera på ett antal vanligt förekommande substanser. Av dessa framgår det att det är förekomsten i toalettavloppet som blir relevant. Samma ämnen förväntas inte förekomma i någon större utsträckning i vatten varken från bad, dusch eller kök. I en studie av Levin med flera (2016, och som citeras i Jönsson red. (2020)) framgår det tydligt att läkemedel återfinns i större utsträckning i urin jämfört med fekalier, undantaget några ämnen. Med utgångspunkt från denna data, och när hänsyn endast tagits för ämnena oxazepam, citalopram, sulfamethoxazol, karbamazepin och atenolol, har förekomsten av läkemedel i urin respektive fekalier uppskattats mot en daglig volym för urin respektive fekalier på 1,2 respektive 0,15 liter. Fördelningen av dessa läkemedel har beräknats till att förekomma med 98 % i urin respektive 2 % i fekalier. Den dagliga mängden läkemedel har beräknats utifrån samma grupp av ämnen. Om underlagsdata hade identifierats för ibuprofen, naproxen och paracetamol, är det troligt att de beräknade mängderna varit högre.



- **Metaller:** För metaller avses här kadmium, koppar, kvicksilver, krom, nickel och zink. Fördelningen av dessa i de olika avloppsfraktionerna har baserats på en äldre studie från 2002 (Drangert & Köhler) som genomfördes i Hammarby Sjöstad. För att beräkna halterna av metaller i urin, användes data för kadmium, krom och jod som mätts i urin bland svenska gravida kvinnor i Uppsala (Gyllenhammar et al., 2022). Någon information om övriga metaller har inte identifierats och fördelning och mängder som redovisas i Figur 2 är därför begränsade till dessa ämnen. Den beräknade fördelningen är baserad på en medelhalt för de omnämnda metallerna och angivet för svart- respektive gråvatten enligt angivna indelningar i Figur 2.
- **PFAS:** Uppgifter om förekomst av PFAS i olika avloppsfraktioner är begränsade. För att beräkna presenterade mängder och fördelning av PFAS i Figur 2 har en rad antaganden behövts göras medan några uppgifter baserats på ett fåtal studier. Primärt är det framför allt halter av PFOS och PFOA som utnyttjats i beräkningarna, dessa ämnen återfinns i flest studier och är också vanligt förekommande i vår miljö relativt andra PFAS-ämnen. Det underlag som fanns avsåg halter i urin, blod och fekalier. Dessa halter utnyttjades för bestämning av halter i svartvatten, data är upphämtad från olika populationer där mätning har förekommit såsom en exponerad grupp i Kallinge från Fletcher et al. (2022) och flera populationer i Europa som studerades och refererades i Bjerregaard-Olesen (2016). Underlag för halter av PFAS-ämnen i tvättvatten, från kök eller bad och dusch har inte identifierats. Antagna halter för PFAS-ämnen är därför ansatta till att vara minsta tillåtna halt enligt dricksvattendirektivet på 4 ng PFAS4/l, som inkluderar PFOA, PFOS, PFHxS och PFNA. PFAS finns också tillsatt i vanliga hushållskemikalier som spolglans, rengöringsmedel och kosmetika. Det är troligt att PFAS-mängden påverkas av tvätt av goretexkläder och vattenimpregnerade textilier, men någon sådan information har inte hittats och därmed inte inkluderats i siffrorna.
- **Mikroplaster:** Beräknat mängd och fördelning baseras på uppskattningar från Magnusson et al. (2016). Emissioner kommer främst från tvätt av kläder men även olika hygienprodukter som tvål innehåller ofta mikroplaster som frigges vid användning. Mikroplaster från inomhusmiljön hamnar dessutom i svartvatten och gråvatten genom städvatten som töms i dessa.
- **Fekala bakterier:** Som indikator för fekala bakterier används koprostanol (coprostanol - COP) baserat på Ottoson (2004). Urin har antagits vara sterilt och eftersom andelen från olika gråvattenfraktioner bedöms som väldigt liten, har fraktionen för bakterier och virus angivits utan vidare uppdelning i Figur 2. Angiven mängd baseras också på Ottoson (2004) och beräknades utifrån en medelvattenförbrukning på 150 l/pe,d.

## Referenser

Arnell, M., Saagi, R., Wärff, C., Ahlström, M., Jeppsson, U. 2021. Värmeåtervinning ur avloppsvatten. Energiåtervinning och påverkan på avloppssystemet. SVU-rapport 2021-26. Stockholm, Svenskt Vatten.

Bjerregaard-Olesen, C., Bach, C.C., Long, M., Ghisari, M., Bech, B.H., Nohr, E.A., Henriksen, T.B., Olsen, J., Bonefeld-Jørgensen, E.C. 2016. Determinants of serum levels of perfluorinated alkyl acids in Danish pregnant women. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 219(8), 867-875.



- Clementson, I., Alenius, E., Gustafsson, L.G., 2020. Tillskottsvatten i avlopssystem – nya tankar om nyckeltal. Svenskt Vatten, Rapport 2020-13.
- Drangert, J-O., och Köhler, H., 2002, Hammarby Sjöstad – miljöföreställningar och verkligheter (Hammarby Sjöstad – environmental perceptions and realities), Stockholm Vatten, projektpublikation nr 28.
- Fletcher, T., A. Andersson, Y. Li, Y. Xu, C.H. Lindh, A. Kärrman, and K. Jakobsson, 2020, The relative importance of faecal and urinary excretion of PFAS and implications for epidemiological studies. ISEE Conference Abstracts, 2022.
- Gyllenhammar, I., Lundh, T., Hedvall Kallerman, P., Edgar, D., Lignell, S., 2022, Concentrations of cadmium, cobalt, chromium, manganese, nickel, and iodine in urine from first-time mothers in Uppsala, Sweden: temporal trends 2009-2020, Livsmedelsverket, NV-00653-18.
- Jönsson, H. (red), 2020, Läkemedel, PFAS och mikroplaster i avlopp – kunskaps-sammanställningar om provtagning, förekomst, effekter och uppströmsåtgärder, Energi och teknik 106, Sveriges Lantbruksuniversitet Uppsala (SLU).
- Jönsson, H., Baky, A., Jeppsson, U., Hellström, D., Kärrman, E. 2005. Composition of urine, faeces, greywater and biowaste for utilisation in the URWARE model. Urban Water Report 2005:6.
- Magnusson, K., Eliasson, K., Fråne, A., Haikonen, K., Hultén, J., Olshammar, M., Stadmark, J., Voisin, A. 2016. Swedish sources and pathways for microplastics to the marine environment 89.
- Naturvårdsverket 1995. Vad innehåller avlopp från hushåll? Rapport 4425.
- Naturvårdsverket 2013. Formulering av villkor och krav för utsläpp från avloppsreningsverk – vägledning. 2013-04-23.
- Ostermeyerr, P., Capson-Tojo, G., Hülsena, T., Carvalho, G., Oehmen, A., Rabaey, K., Pika, I. 2022. Resource Recovery from Water: Principles and Application. Ilje Pikaar, Jeremy Guest, Ramon Ganigué, Paul Jensen, Korneel Rabaey, Thomas Seviour, John Trimmer, Olaf van der Kolk, Céline Vaneeckhaute, Willy Verstraete. <https://doi.org/10.2166/9781780409566>
- Ottoson, J. 2005. Comparative analysis of pathogen occurrence in wastewater – management strategies for barrier function and microbial control. Department of Land and Water Resources Engineering, Royal Institute of Technology (KTH), TRITA-LWR PhD Thesis: 1021.
- SCB 2017. Vattenanvändningen i Sverige 2015. MIR 2017:1.
- SLU 1998. Växtnäring från enskilda avlopp, personekvivalenter. Institutionen för miljöanalys, <http://info1.ma.slu.se/Miljotillst/Eutrofiering/Pers-ekv.ssi> [2022-08]
- Svenskt Vatten. (2019). Dricksvattenfakta. <https://www.svensktvatten.se/fakta-om-vatten/dricksvattenfakta/> [2022-08-16]

## 6.2 Delsynteser

**Delsyntes 1:** Tillgång, behov, dagens återbruk och framtidens potential (avsnitt 2.1)

- Delsyntes 1a: Vatten
- Delsyntes 1b: Näringsämnen
- Delsyntes 1c: Energi
- Delsyntes 1d: Andra resurser

**Delsyntes 2:** Tekniker och system (avsnitt 2.2)

- Delsyntes 2a: Vatten
- Delsyntes 2b: Näringsämnen
- Delsyntes 2c: Energi
- Delsyntes 2d: Andra resurser

**Delsyntes 3:** Existerande policy, lagar och styrdokument (avsnitt 2.3)

**Delsyntes 4:** Acceptans, risker och verktyg (avsnitten 2.4 och 2.5)

- Delsyntes 3a: Acceptans
- Delsyntes 3b: Risker
- Delsyntes 3c: Verktyg

**Delsyntes 5:** Möjliga framtidsscenarier för återvinning och återanvändning av avloppsresurser (kapitel 3)

Rapporten uttrycker nödvändigtvis inte Naturvårdsverkets ställningstagande. Författaren svarar själv för innehållet och anges vid referens till rapporten.

# Återvinning och återanvändning av resurser från avlopp

## Vägen framåt för Sverige baserat på kunskap och erfarenheter från praktiken

Vad finns det för kunskap och erfarenheter i Sverige kring återvinning och återanvändning av resurser från avlopp? Projektgruppen har i samarbete med skilda aktörer, från kommuner till högskolor, sammanställt kunskap inom olika temaområden.

Syftet är att stödja en omställningsprocess till en mer cirkulär hantering av resurser från avlopp. Det långsiktiga målet är ett hållbart och mer motståndskraftigt samhälle där resurser ur avlopp kan utgöra en viktig del.

Avloppsvatten innehåller inte bara näringsämnen, utan också betydande mängder energi, som idag bara tas tillvara i begränsad omfattning – men som i framtiden har potential att bli en viktig del i Sveriges energiförsörjning.

Förutom resurserna så innehåller avlopp även föroreningar eftersom avlopp är en naturlig samlingspunkt för många utsläpp i samhället. Hit räknas exempelvis läkemedelsrester och andra organiska och oorganiska mikroföroreningar, som är problematiska för både miljön och människors hälsa.

Forskarna föreslår en kombination av lösningar, från källsortering till regelverk, vägledning och ökat kunskapsutbyte. Att se avlopp som en resurs och inte som avfall.

Projektet har finansierats med medel från Naturvårdsverkets miljöforskningsanslag som finansierar forskning till stöd för Naturvårdsverkets och Havs- och vattenmyndighetens kunskapsbehov.



**Havs  
och Vatten  
myndigheten**