

Markretention av fosfor från enskilda avlopp

En systematisk kartläggning av befintlig forskning
och en samhällsekonomisk analys



Markretention av fosfor från enskilda avlopp

En systematisk kartläggning av befintlig forskning och en samhällsekonomisk analys

Del 1 av denna rapport har tagits fram av Formas i samarbete med externa sakkunniga experter. Innehållet i denna del bygger på följande sakkunniggranskade vetenskapliga artikel och dess bilagor:

Envall, I., Fagerlund, F., Johansson Westholm, L., Bring, A., Land, M., Åberg, C., Haddaway, N.R., Gustafsson, J.P. Existing evidence related to soil retention of phosphorus from on-site wastewater treatment systems in boreal and temperate climate zones: a systematic map. Environ Evid 12, 6 (2023). Artikeln och rapporten är fritt tillgängliga på formas.se/markretention-fosfor.

Sakkunniga

Systematisk kartläggning, del 1:

Jon Petter Gustafsson, Sveriges Lantbruksuniversitet

Fritjof Fagerlund, Uppsala universitet

Lena Johansson Westholm, Mälardalens universitet

Formas

Ida Envall, projektledare

Arvid Bring, biträdande projektledare

Magnus Land, biträdande projektledare

Henrik Scharin, nationalekonom

Charlotte Åberg, informationsspecialist

Neal Haddaway, metodexpert (konsult, del 1)

Omslagsfoto: Jan Töve/Scandinav

Rapport: F1:2023

ISBN: 978-91-540-6193-8

Diarienummer: 2018-02672

Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande, Formas

www.formas.se

Stockholm, 20 juni 2023

Förord

Takten behöver öka för att vi ska nå miljömålen och målen i Agenda 2030. Av avgörande betydelse för att vi ska lyckas är att miljöarbetet vilar på solid vetenskaplig grund. Systematiska forskningssammanställningar ger beslutsfattare en tillförlitlig överblick över den forskningsbaserade kunskap som finns. Forskningen är en viktig pusselbit i ett evidensinformerat miljöarbete, men också andra hänsyn måste beaktas. En samhällsekonomisk analys kan peka på utmaningar och möjligheter för förvaltningen i den aktuella frågan.

Tyvärr kan inte forskningen ge entydiga svar på alla frågor. Forskningen kan vara för knapphändig, för bristfällig eller helt enkelt upplagd på fel sätt. Detta gäller den fråga som har varit i fokus i denna forskningssammanställning, nämligen markretentionen av fosfor. Den pusselbit som ett mått på retentionen skulle ha utgjort fattas fortfarande. Detta är en viktig slutsats, inte minst eftersom forskningssammanställningen har blottlagt de kunskapsluckor som finns och som bör fyllas. Beslut måste dock fattas också i väntan på mer klagörande forskning. För att underlätta för beslutsfattare kan den samhällsekonomiska analys som genomförts komma till användning, då den ger en överblick över problemet utifrån ett helhetsperspektiv.

Jag är glad och stolt över att vi på Formas kan bidra till ett miljöarbete som bygger på vetenskaplig grund. Jag vill rikta ett stort tack till Rådet för evidensbaserad miljöanalys som beslutade att frågan skulle utredas, och som också har fastställt rapportens slutsatser. Jag vill också rikta ett stort tack till den expertgrupp som har ansvarat för de vetenskapliga bedömningarna och slutsatserna, och till Havs- och vattenmyndigheten som har bistått med värdefulla sakkunskaper.

Johan Kuylenstierna
Generaldirektör
Forskningsrådet Formas

Ordföranden inleder

Många miljöfrågor är komplexa och förenade med målkonflikter. Frågan om fosforutsläpp från enskilda avlopp är en sådan. I dessa lägen är det extra viktigt att vända sig till vetenskapen för att få vägledning. Baserat på ett kunskapsbehov som formulerats av Havs- och vattenmyndigheten beslutade därför Rådet för evidensbaserad miljöanalys att Formas skulle sammanställa den forskning som finns om markretention av fosfor från enskilda avlopp. En vetenskaplig expertgrupp har bistått Formas i arbetet med att granska och sammanställa alla tillgängliga empiriska studier om frågan. Formas har också genomfört en samhällsekonomisk analys, i tillägg till den naturvetenskapliga sammanställningen. Den samhällsekonomiska analysen belyser frågan ur ett helhetsperspektiv, med syftet att skapa en överblick över problemet ur en samhällsekonomisk och miljöpolitisk synvinkel.

Den naturvetenskapliga sammanställningen har genomgått en oberoende vetenskaplig granskning och Rådet för evidensbaserad miljöanalys har fastställt slutsatserna. I slutsatserna framkommer att det inte är möjligt att besvara frågan om hur effektiv markretentionen av fosfor är baserat på den forskning som finns. Detta framför allt på grund av att det finns för få studier som är utförda över hela systemet från avloppsanläggning till ytvatten, och under tillräckligt lång tid. Dessutom finns alltför ofta brister i forskningen, både vad gäller studiedesign och rapportering. Att frågan inte går att besvara är dock ett viktigt svar i sig, i synnerhet eftersom saken är så omtvistad. Betydelsefullt är också att kartläggningen har tydliggjort hur kommande forskningsprojekt bör planeras för att skapa förutsättningar för mer användbara resultat.

I ett läge när forskningen inte kan ge svar blir kanske den samhällsekonomiska analysen extra viktig. Jag hoppas att den kan bidra till att öka förståelsen för problemets olika aspekter, och på så vis vara värdefull i den fortsatta diskussionen till exempel gällande möjliga styrmedel.

Jag vill tacka Formas för det väl genomförda arbetet med sammanställningen. Jag vill också rikta ett särskilt tack till den externa sakkunniggruppen, och till de intressenter som bidragit med sin kunskap.

Lisa Sennerby Forsse
Ordförande
Rådet för evidensbaserad miljöanalys

Sammanfattning

Övergödning av sjöar, vattendrag och hav är ett stort miljöproblem, framför allt i södra Sverige. En del av den fosfor som orsakar problemet kommer från enskilda avloppsanläggningar. För att motverka detta kan kommunerna ställa höga krav på anläggningarna vad gäller fosforrening, och fastighetsägare kan tvingas till kostsamma åtgärder för att möta kraven. Då avloppsvattnet flödar från avloppsanläggningen mot mottagande ytvatten gör dock olika naturliga processer att fosfor dröjs kvar i marken. Hur betydelsefull denna så kallade markretention är råder det delade meningar om.

I den första delen av den här rapporten redogör vi för en systematisk kartläggning av den forskning som finns om markretention av fosfor från enskilda avlopp. Den systematiska kartläggningen har genomförts i samarbete med sakkunniga forskare, och publicerats i form av en artikel i den vetenskapliga tidskriften *Environmental Evidence*. I den andra delen av rapporten redovisar vi en samhällsekonomisk analys¹. I den tar vi ett bredare grepp om avloppsfrågan.

Den systematiska kartläggningen är en genomlysning, beskrivning och granskning av evidensbasen som helhet. Vi letade efter litteratur i åtta vetenskapliga databaser. Ungefär 11 000 potentiellt relevanta referenser hittades. Av dessa uppfyllde 234 artiklar de på förhand fastställda urvalskriterierna. Dessa artiklar utgör det vetenskapliga underlaget. Det huvudsakliga syftet med kartläggningen var att bedöma om frågan om markretention av fosfor skulle kunna besvaras baserat på den empiriska forskning som finns. Vår bedömning är dock att det inte är möjligt att ta fram vetenskapligt grundade mått på markretentionen baserat på befintliga empiriska studier. Den huvudsakliga orsaken är att det i stort sett saknas studier som är utförda över hela systemet från anläggning till ytvatten, och under tillräckligt lång tid. Eftersom systemen är så olika och dessutom föränderliga skulle det därtill krävas ett stort antal sådana studier för att kunna ta fram rimligt rättvisande mått. Att rapporteringskvaliteten ofta är bristfällig och att en stor andel studier saknar en statistisk analys av hur stora variationerna är bidrar till bedömningen.

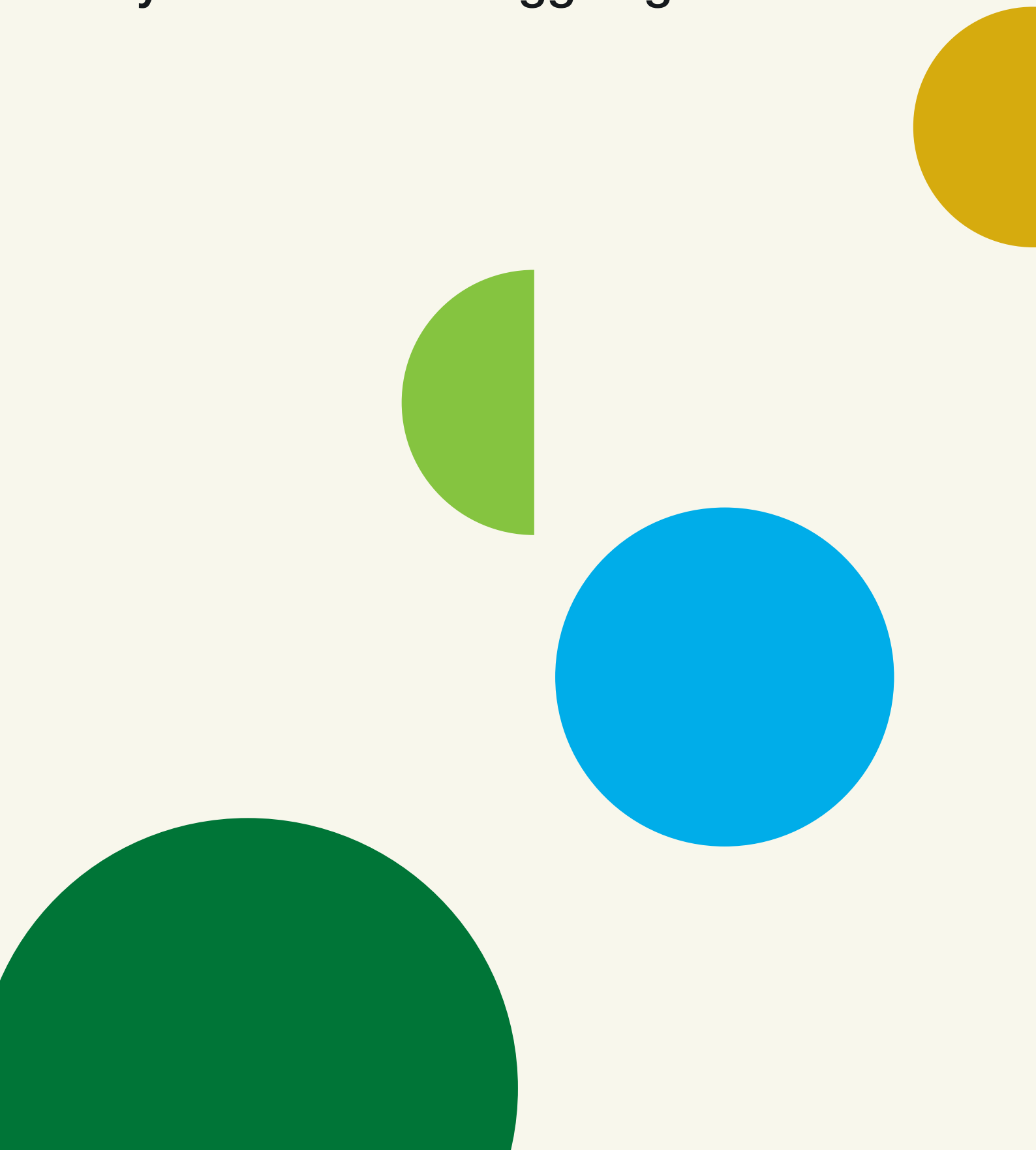
I den samhällsekonomiska delen belyser vi frågan utifrån ett helhetsperspektiv i form av en så kallad konceptuell analys. Förvaltningssystemet kopplat till enskilda avlopp omfattar en mängd olika mål och styrmedel vars syfte är att öka reningsgraden. Kostnaden för att förbättra eller byta ut en enskild avloppsanläggning som inte når upp till kraven är ofta betydande och upplevs av många fastighetsägare som orimlig. Dessutom finns en utbredd uppfattning om att markretentionen av fosfor är mycket effektiv och att kraven därför inte borde behöva vara så höga. Acceptansen för de lagkrav som riktas mot enskilda avlopp är därför ofta låg. För att begränsa kostnadsbördan på fastighetsägarna skulle det förmodligen behövas ett kompletterande styrmedel, exempelvis ett system som är baserat på utsläppshandel. Hur ett sådant system skulle kunna utformas för att passa enskilda avlopp skulle dock behöva utredas.

1. Denna analys har genomförts av enbart Formas. De sakkunniga har inte deltagit i arbetet med den.

Vi avslutar med en diskussion som knyter ihop de båda delarna. Frågan om vilka krav som ska ställas på enskilda avlopp har debatterats i många år och är föremål för flera kontroverser. Vi har därför tagit tillfället i akt att belysa en del observationer som vi har gjort under arbetet med det här projektet, och som kan vara av betydelse för både uppsatta miljömål och kostnadsbördan för fastighetsägare.

Del 1

Systematisk kartläggning



Inledning

Fosfor från enskilda avloppsanläggningar kan bidra till övergödning av sjöar, vattendrag och hav. Kommunerna ställer därför ibland höga krav på dessa anläggningar vad gäller fosforrening, och fastighetsägare kan tvingas till kostsamma åtgärder för att möta kraven. En osäkerhetsfaktor är dock hur effektivt marken tar hand om den fosfor som släpps ut från enskilda avlopp.

Vetenskapligt grundade mått på denna så kallade markretention, till exempel kopplade till olika marktyper, skulle göra bedömningen av vilka krav som bör ställas på anläggningarna mer träffsäker. Sådana mått skulle också göra beräkningar av hur mycket fosfor de enskilda avloppen sammantaget bidrar med till sjöar, vattendrag och hav mer tillförlitliga. Detta var anledningen till att Rådet för evidensbaserad miljöanalys fattade beslutet att Formas skulle genomföra en systematisk forskningssammanställning om markretention av fosfor från enskilda avlopp.

Innehåll

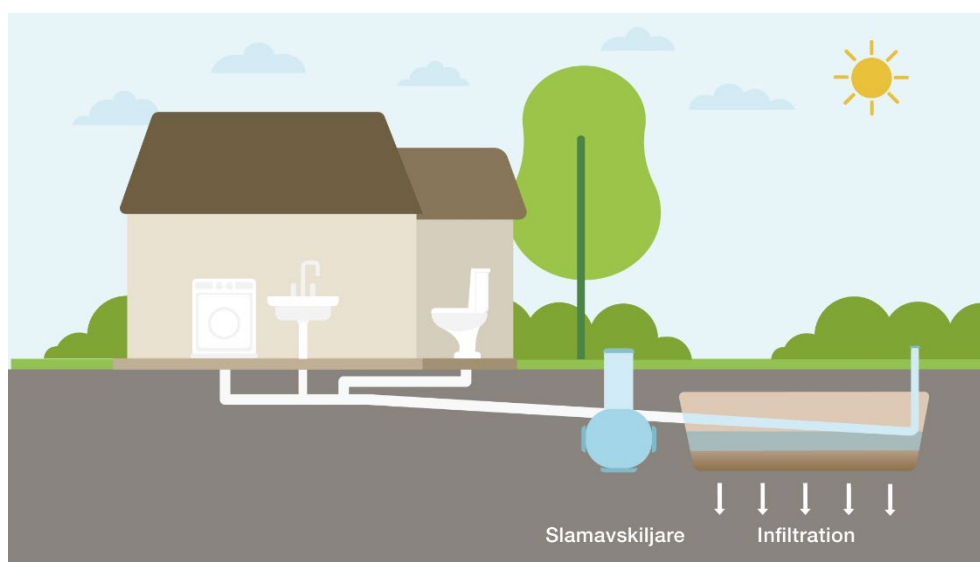
1. Bakgrund	10
1.1 Enskilda avloppsanläggningar.....	10
1.2 Övergödningsproblematiken	11
1.3 Markretentionen.....	12
1.4 Beslutfattares behov av redskap för att bedöma markretentionen	13
1.5 En systematisk kartläggning av forskning om markretention av fosfor	13
1.6 Syfte och mål.....	14
2. Metod.....	15
2.1 Precisering av frågeställningen	15
2.2 Litteratursökningar.....	16
2.3 Urvalskriterier	16
2.4 Urvalsprocess.....	17
2.5 Analys av evidensbasen och extraktion av data och metadata	17
3. Resultat	19
3.1 Övergripande statistik.....	19
3.2 Beskrivning av evidensbasen	21
3.3 Evidensbasens karaktär - iakttagelser och bedömningar	26
3.4 Möjliga systematiska översikter.....	29
3.5 Kunskapsluckor	29
4. Slutsatser	31
4.1 Slutsatser av relevans för policy och förvaltning	31
4.2 Slutsatser av relevans för framtida forskning	31
5. Avslutande kommentarer	32
6. Bilagor.....	33
Del 2 – Samhällsekonomisk analys	37
Del 3 – Avslutande diskussion.....	55

1. Bakgrund

1.1 Enskilda avloppsanläggningar

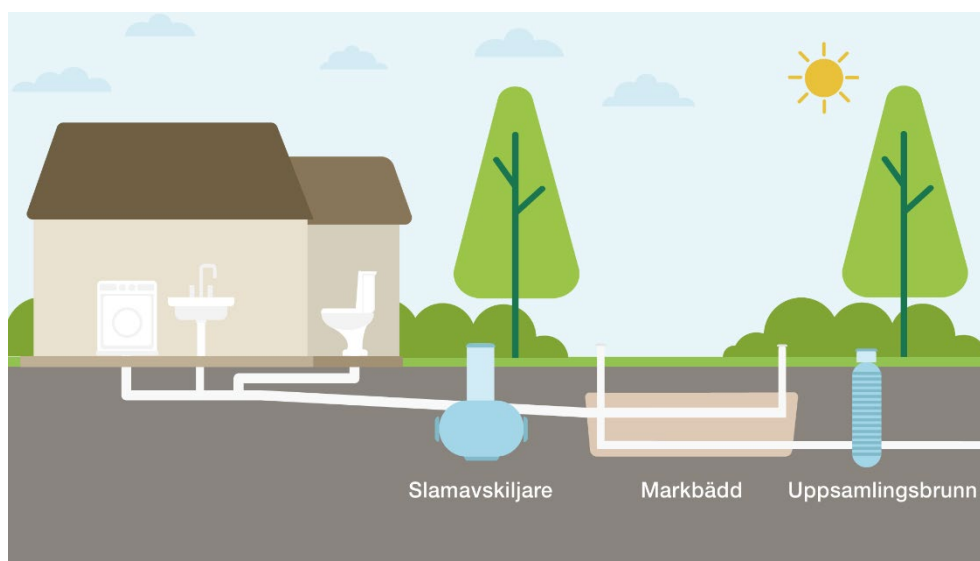
I Sverige finns nära en miljon enskilda avloppsanläggningar, det vill säga avloppsanläggningar som inte är kopplade till kommunala avloppssystem. Ungefär 700 000 av dessa har vattentoalett ansluten [1]. Oftast handlar det om anläggningar som tar hand om avloppsvattnet från ett eller ett par hushåll, men de kan också vara större. Enligt lagstiftningen går skiljelinjen mellan en liten avloppsanläggning och övriga avloppsanläggningar vid 200 personekvivalenter² [2]. Med ”enskilda avlopp” avser vi i denna rapport avloppsanläggningar som är dimensionerade för högst 200 personekvivalenter, det vill säga det som brukar kallas små avloppsanläggningar.

De flesta av de enskilda avloppsanläggningarna är markbaserade. Det innebär att avloppsvattnet - efter det att det har genomgått en första rening i form av slamavskiljning - släpps ut i en anläggning i marken. Den vanligaste lösningen är så kallade infiltrationsanläggningar (Figur 1). I en infiltrationsanläggning sprids avloppsvattnet ut över en yta och renas genom att det sipprar ned, perkolerar, genom naturliga jordlager för att slutligen nå grundvattnet. En markbädd fungerar i princip likadant men reningen sker där i ett uppbyggt sandlager i stället för i markens naturliga jordlager (Figur 2). Efter det att vattnet flödat genom markbädden förs det ut till exempelvis ett dike. Ofta är dock inte botten i en markbädd helt tät, vilket innebär att en del av avloppsvattnet perkolerar till grundvattnet också från en markbädd. Ungefär 147 000 enskilda avlopp med vattentoalett har enbart slamavskiljare. Det innebär att avloppsvattnet går till en stenkista, eller rakt ut i diken, vattendrag eller sjöar, utan vidare rening efter slamavskiljaren. Detta är sedan 1969 inte tillåtet enligt lag.³ För 74 000 fastigheter är reningen okänd [1].



Figur 1. Infiltrationsanläggning

2. En personekvivalent definieras som den mängd nedbrytbart organiskt material som har en biokemisk syreförbrukning på 70 gram löst syre per dygn under sju dygn (BOD7).
3. Detta såvida inte sådant utsläpp uppenbart kan göras utan risk för olägenhet för människors hälsa eller miljön. Det finns vidare en särskild hänsynsregel i 9 kap. 7 § miljöbalken [2] som säger att "avloppsvatten ska avledas och renas eller tas omhand på något annat sätt så att inte olägenhet för människors hälsa eller miljön uppkommer. För detta ändamål ska lämpliga avloppsanordningar eller andra inrättningar utföras."



Figur 2. Markbädd

Koncentrationen av fosfor i obehandlat hushållsavloppsvatten är ofta ganska hög, vanligtvis mellan 5 och 15 mg/l [3]. En del av denna fosfor fastläggs dock i slamavskiljaren och i markbädden eller i infiltrationsanläggningen. Det finns också sätt att komplettera en markbaserad anläggning så att den tar hand om mer av den fosfor som finns i avloppsvattnet. Detta kan ske antingen genom kemisk fällning eller i så kallade fosforfällor. Som fällningskemikalie används ofta aluminium- eller järnföreningar, som reagerar med fosfor och bildar ett fosforrikt slam. Reningen i en fosforfälla bygger på att fosfor binds till ett filter med hög kapacitet för fosforinbindning [4].

1.2 Övergödningens problematiken

En alltför stor tillförsel av fosfor (och kväve) leder till övergödning av sjöar, vattendrag och hav. Övergödning kan orsaka kraftiga algbloomningar och försämrade syresättning av bottenvattnet. Trots att många åtgärder har genomförts är övergödning fortfarande ett stort problem. Havs- och vattenmyndigheten, HaV, bedömer i sin fördjupade utvärdering av miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning* att målet inte kommer att nås till 2030 med befintliga och beslutade styrmedel och åtgärder [5].

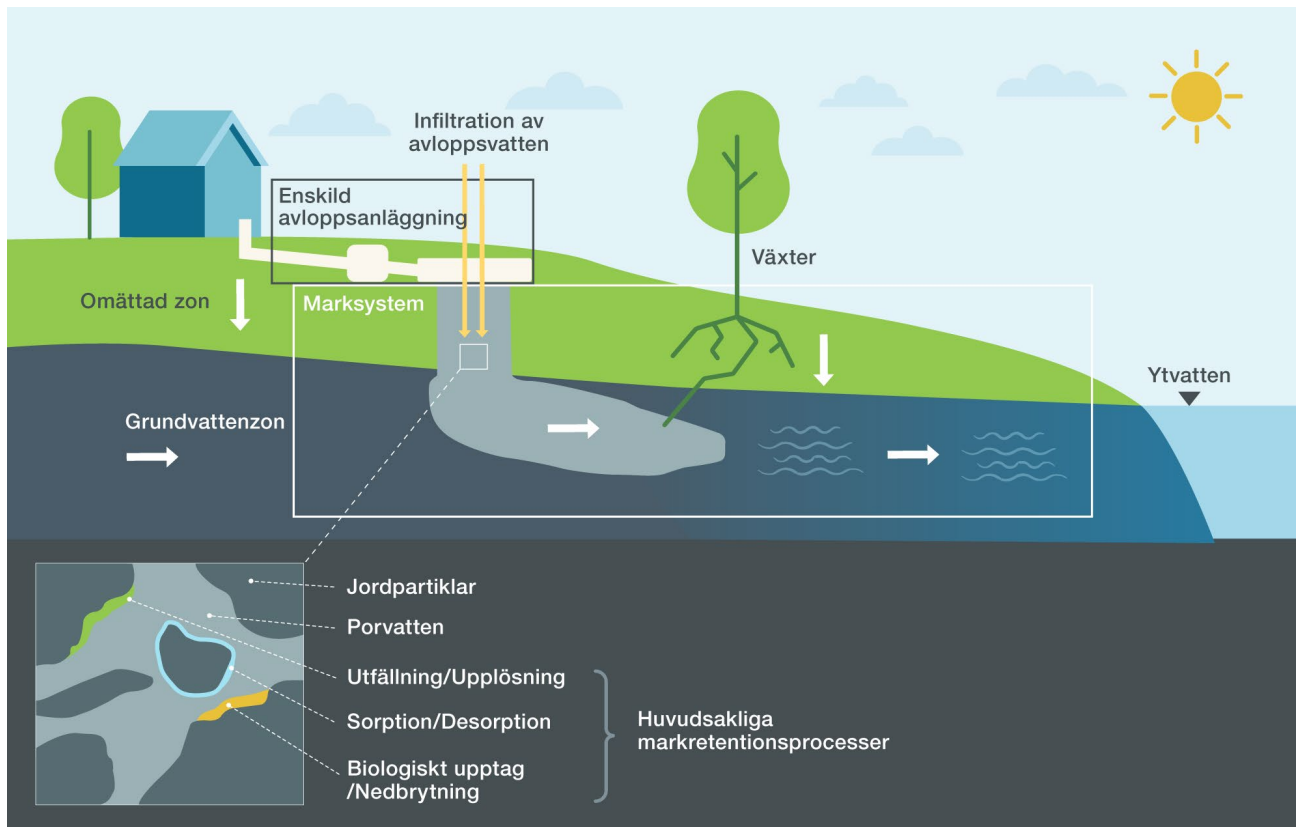
Det mesta av den fosfor som haven belastas med till följd av mänskliga aktiviteter kommer från jordbruket och kommunala avloppsreningsverk, men också enskilda avloppsanläggningar bidrar. Enligt beräkningar från Svenska MiljöEmissionsData, SMED, släpper de enskilda avloppsanläggningarna ut 200 ton fosfor i havet årligen, medan de kommunala reningsverken släpper ut 230 ton. Jordbruket bidrar med 710 ton [6]. SMED betonar dock att eftersom det råder stor osäkerhet kring markretentionen är det svårt att med säkerhet fastställa fosforbelastningen från enskilda avlopp.

Vad gäller sjöar och vattendrag är övergödningens problemen störst i södra Sverige, på grund av mer jordbruksverksamhet och en större befolkning (vilket leder till mer avloppsvatten) [5]. Det finns dock övergödda vatten också i norr.⁴

4. På Vatteninformation Sverige, VISS, kan information om näringsstatus för sjöar, vattendrag och kustvatten hämtas [7].

1.3 Markretentionen

Fosfor i avloppsvattnet från en markbaserad enskild avloppsanläggning rör sig först lodrätt genom den omättade zonen. Den omättade zonen sträcker sig från markytan ned till grundvattenytan. När fosfor har nått grundvattnet kan den följa med grundvattnet vågrätt tills den når mottagande ytvatten (recipient)⁵. Det finns alltså två huvudzoner - den omättade zonen och grundvattenzonen - i vilka retentionsprocesser kan ske. En modell av systemet och de processer som äger rum där visas i Figur 3.



Figur 3. Systemet i vilket markretentionen sker, och de huvudsakliga retentionsprocesserna.

De viktigaste retentionsprocesserna är sorption och utfällning. Sorption innebär att fosfor fastnar på jordpartikelytor, genom att binda till aluminium eller järn som antingen kan finnas ursprungligen i jorden eller ha tillförts jorden efter hand via avloppsvattnet [8,9]. Utfällning innebär att fosfor reagerar med järn, aluminium eller kalcium och bildar mineral [10]. En tredje process är fastläggning av fosfor i organiskt material och i mikroorganismer i marken [11].

Det hävdas ofta att fosfor ”fastnar” i marken. Det är en felaktig, eller åtminstone förenklad, beskrivning. Alla retentionsprocesser är nämligen i princip reversibla. Det vill säga, så småningom kan fosfor lösas från sin bindning och vandra vidare mot ytvattnet igen. Markretentionen innebär alltså snarast en fördröjning av fosfortransporten, så att fosfor inte flödar lika snabbt som vattnet. All fosfor som släpps ut från ett enskilt avlopp når i sinom tid ett ytvatten. Det kan dock ta tid, i vissa fall mycket lång tid.

Fosfor kan också tas upp av växter som växer till exempel på en markbädd. Studier som har gjorts visar dock en relativt liten kapacitet för växtupptag [12], vilket kan förklaras av att

5. Vi använder omväxlande ”ytvatten” och ”recipient” i denna rapport men menar med dessa termer samma sak, nämligen det vattendrag eller den sjö eller det hav som avloppsvattnet hamnar i efter det att det flödat genom marken.

fosforbelastningen i ett enskilt avloppssystem oftast är hög. Fosfor som tagits upp av växtlighet återförs dessutom till systemet när växterna vissnar och förmultnar, om de inte skördas och förs bort dessförinnan.

Även om det mesta av fosfor till slut når ett ytvatten är markretentionen av avgörande betydelse för hur mycket denna fosfor påverkar ytvattnet. Ju effektivare markretentionen är, desto mindre fosfor når ytvattnet per tidsenhet, och desto mindre blir då risken för skadliga effekter på vattenmiljön i form av övergödning. Att bedöma hur effektiv markretentionen är handlar alltså mer om att bedöma hur stor fördröjningen av transporten är än att bedöma hur mycket som fastläggs vid en viss tidpunkt. Man behöver också beakta att fördröjningens storlek kan variera med tiden beroende på hur mycket fosfor som finns i systemet.

1.4 Beslutfattares behov av redskap för att bedöma markretentionen

Enligt miljötillsynsförordningen (2011:13) ska HaV ge tillsynsvägledning i frågor om enskilda avlopp. Länsstyrelserna ska enligt samma förordning ha ett generellt ansvar för tillsynsvägledningen till kommunerna i länet [13]. Kommunernas miljöförvaltningar är både tillstånds- och tillsynsmyndighet för små avloppsanläggningar. Det är alltså kommunernas miljöförvaltningar som i praktiken gör bedömningarna i de enskilda fallen, baserat på den vägledning som HaV och länsstyrelserna ger.

HaV rekommenderar att enskilda avloppsanläggningar i områden med normal skyddsnivå ska reducera fosforhalten i avloppsvattnet med 70 procent. I extra känsliga områden rekommenderas en reningsnivå om 90 procent [3]. Detta för att begränsa de enskilda avloppens bidrag till övergödningen. Kommunernas krav kan innebära att en avloppsanläggning behöver åtgärdas eller att en ny anläggning behöver anläggas⁶, alternativt att fastigheten kopplas till det kommunala avloppssystemet. Samtliga alternativ kan vara mycket kostsamma för fastighetsägaren. Till följd av detta pågår en debatt om huruvida rekommendationerna och kraven vad gäller fosforrening är alltför hårda. I denna debatt hävdas det ofta att markens förmåga att kvarhålla fosfor från enskilda avlopp är stor, och att betydelsen av den är underskattad av svenska myndigheter.

Svenska myndigheter, länsstyrelser och kommuner skulle alltså behöva mått på den retention av fosfor som sker i det naturliga marksystemet från anläggning till ytvatten. Vetenskapligt grundade schablonvärden (till exempel uttryckta som g P/m³ jord) kopplade till olika platsspecifika förutsättningar, beroende på till exempel marktyp, vore användbara.⁷ Sådana mått skulle dels underlätta vid bedömningar av vilka krav man ska ställa på anläggningar i de enskilda fallen, dels göra beräkningar av de enskilda avloppens samlade fosforbelastning på sjöar, vattendrag och hav mer tillförlitliga.

1.5 En systematisk kartläggning av forskning om markretention av fosfor

Det finns två typer av systematiska forskningssammanställningar: systematiska översikter och systematiska kartläggningar. Syftet med en systematisk översikt är att ge ett så objektivt och rättvisande svar som möjligt på en väldefinierad forskningsfråga, baserat på vad all tillgänglig

6. Det är dock förmodligen inte så vanligt att kommuner kräver att ett nytt avlopp ska anläggas om fastigheten redan har en fungerande anläggning, enbart för att öka fosforreningen (personlig kommunikation med Å. Gunnarsson, HaV).

7. GIS-stödet för prövning och tillsyn av små avlopp [14] ger sedan 2018 kommunerna vägledning i att bedöma retentionen. Stödet grundar sig dock på risk och är inte kvantitativ.

forskning om frågan sammantaget säger. Syftet med en systematisk kartläggning är att redogöra för den forskning som finns om en fråga, det vill säga att beskriva vad som har gjorts (och inte gjorts) och vad som kännetecknar den forskning som finns, men utan ambitionen att besvara frågan genom att väga samman de ingående studiernas resultat. I de fall det vetenskapliga underlaget är för heterogent för att någon form av sammanvägning av studiernas resultat ska kunna ske kan en systematisk kartläggning vara den enda möjligheten. Men en systematisk kartläggning kan också göras i ett första steg, för att identifiera områden inom vilka systematiska översikter skulle kunna genomföras.

Gemensamt för systematiska översikter och kartläggningar är att sökningen efter studier genomförs på ett sätt som möjliggör att (så gott som) alla studier som har adresserat frågan identifieras, och att alla moment och ställningstaganden som har betydelse för att uppnå objektivitet och stringens i sammanställningen noggrant tänks igenom, preciseras och beskrivs innan arbetet med den påbörjas. Detta görs i en så kallad genomförandeplan.

Genomförandeplanen genomgår en extern, oberoende granskning av vetenskapligt sakkunniga.

Ursprungligen var tanken att Formas skulle genomföra en systematisk översikt för att ta reda på hur effektiv markretentionen av fosfor är. Det stod dock under arbetet med genomförandeplanen klart att det var tveksamt om den forskning som finns om frågan är av sådan karaktär och omfattning att detta skulle vara möjligt. Det var tydligt att det behövdes en genomlysning, beskrivning och granskning av evidensbasen som helhet - det vill säga en systematisk kartläggning - åtminstone som ett första steg.

Denna rapport (del 1) är en kortfattad version av den systematiska kartläggningen som är granskad av vetenskapligt sakkunniga och publicerad i sin helhet i den vetenskapliga tidskriften *Environmental Evidence* [15]. Också genomförandeplanen är publicerad i denna tidskrift [16].

En expertgrupp, som är vetenskapligt ansvarig, har varit knuten till projektet: Jon Petter Gustafsson (professor i markkemi, Sveriges lantbruksuniversitet), Fritjof Fagerlund (professor i geohydrologi, Uppsala universitet) och Lena Johansson Westholm (docent i miljöteknik, Mälardalens universitet).

1.6 Syfte och mål

Syftet med projektet var att kartlägga befintlig forskning om markretention av fosfor från enskilda avlopp. Målet var framför allt att kunna:

- bedöma vilka frågor, relevanta för svenska intressenter, som eventuellt skulle kunna besvaras baserat på befintlig forskning
- bedöma vilka frågor, relevanta för svenska intressenter, som inte skulle kunna besvaras baserat på befintlig forskning
- identifiera förbättringsmöjligheter vad gäller forskningen inom fältet
- identifiera delområden inom vilka mer forskning behövs.

2. Metod

Vi har i vårt arbete med den systematiska kartläggningen följt internationella riktlinjer från Collaboration for Environmental Evidence, CEE, ett nätverk som utvecklar metoder för systematiska forskningssammanställningar inom miljöområdet [17]. I detta kapitel redogör vi i korthet för metoden. En detaljerad metodbeskrivning finns i den systematiska kartläggningen [15] och dess genomförandeplan [16].

2.1 Precisering av frågeställningen

I systematiska forskningssammanställningar är det viktigt att noggrant precisera den fråga man är intresserad av och att tydligt specificera varje del av den. Detta bland annat för att kunna genomföra välvägd litteratursökningar, och för att urvalet av studier ska kunna göras på ett systematiskt och konsekvent sätt. Ambitionen är att hitta alla studier som kan bidra till att besvara frågan, men också att enbart de studier som faktiskt kan göra det tas i beaktande.

Vanligtvis använder man sig av den så kallade PICO-modellen. Det innebär att frågan definieras utifrån fyra meningsbärande element:

- **Population**, det vill säga den grupp individer eller de objekt som är i fokus
- **Intervention**, det vill säga den åtgärd som populationen utsätts eller exponeras för
- **Kontroll** (på engelska Comparator eller Control), det vill säga kontrollintervention (vilket kan vara ingen intervention alls)
- **Utfall** (på engelska Outcome), det vill säga den eller de effekter interventionen eventuellt har på populationen

Vi ville i vår systematiska kartläggning ringa in de studier som skulle kunna bidra till att besvara följande fråga: Hur effektiv är markretentionen av fosfor från enskilda avloppsanläggningar? Viktigt var att de inkluderade studierna skulle vara relevanta för svenska förhållanden. Frågan definierades enligt följande:

Population: Fosfor i primärt eller sekundärt renat hushållsavloppsvatten (det vill säga avloppsvatten som inte genomgått mer avancerad rening i form av till exempel fosforfälla eller kemisk fällning).

Intervention: Infiltration och flöde av hushållsavloppsvattnet genom naturliga, icke starkt vittrade jordar i boreala och tempererade klimatzoner.

Kontroll: Beroende på utfall, men måste möjliggöra en utvärdering av effekten.

Utfall: Alla utfallsmått som på något sätt utvärderar effektiviteten av markens förmåga att kvarhålla fosfor.

2.2 Litteratursökningar

Vi genomförde omfattande sökningar efter litteratur. Åtta bibliografiska databaser⁸ och sökmotorn Google Scholar användes för att leta efter vetenskapliga artiklar. Den första sökningen i bibliografiska databaser genomfördes i december 2019. I september 2021 gjordes en uppdaterad sökning för att identifiera studier som tillkommit sedan den första sökningen. Vi gick också igenom webbplatserna tillhörande 51 organisationer, till exempel myndigheter, miljöforskningsinstitut, svenska länsstyrelser och icke vetenskapligt granskande tidskrifter. Vidare kontaktade vi ledande experter på området och frågade efter artiklar och rapporter. Slutligen tittade vi i referenslistorna i relevanta publikationer.

2.3 Urvalskriterier

För att välja ut de studier som ska ingå i en systematisk forskningssammanställning granskas varje funnen studie med avseende på relevans, utifrån på förhand fastställda kriterier. Kriterierna utgår från PICO:t. En studie måste uppfylla samtliga kriterier för att betraktas som relevant, och därmed inkluderas i sammanställningen.

Nedan följer en beskrivning av de urvalskriterier som vi använde oss av. En mer detaljerad redogörelse finns i den systematiska kartläggningen [15].

Population: Fosfor i primärt eller sekundärt renat hushållsavloppsvatten. Vad beträffar fältstudier måste avloppsvattnet härröra från enstaka eller grupper av hushåll och släppas ut i mark. Forskningsresultaten ska vara relevanta för avloppsanläggningar anpassade till upp till 200 personekvivalenter. Den övre gränsen är satt till system som användes av/var dimensionerade för upp till 400 personer.⁹ Vad gäller laborativa studier kan avloppsvattnet också komma från större avloppsanläggningar.

Intervention: Infiltration av hushållsavloppsvattnet i naturliga jordar, det vill säga jordar som inte förstärkts vad gäller förmåga att binda fosfor. Jorden får inte vara starkt vittrad eftersom sådana jordar är mycket ovanliga i Sverige. Fältstudier måste vara utförda i klimatzon C eller D enligt Köppen-Geigers klimatklassifikationssystem [18], eftersom det är dessa zoner som finns representerade i Sverige.

Kontroll: Studierna måste ha en kontroll som möjliggör en utvärdering av effekten av interventionen. Kontrollen beror dock på vilket utfall som studerats. Det kan vara till exempel koncentration av fosfor före infiltration, koncentration av fosfor i jord som inte påverkats av avloppsinfiltration, eller hastighet av grundvatten som inte påverkats av avloppsvatten.

Utfall: Alla utfallsmått som på något sätt möjliggör utvärdering av markretentionen av fosfor, till exempel fosforkoncentrationen i hushållsavloppsvattnet efter infiltration, fosforkoncentrationen i jord som använts för rening av hushållsavloppsvatten, eller fosforplymens utbredningshastighet. (Fosforplymen är den grundvattenvolym med förhöjda fosforhalter som efter en tid bildas under enskilda avloppsanläggningar, se Figur 3.)

8. Scopus, Web of Science Core Collection, Academic Search Premier, CAB Abstracts, Directory of Open Access Journals, DIVA, ProQuest Natural Science Collection, SwePub.

9. Denna gräns kan ifrågasättas men bedömningen var att system upp till denna storlek skulle kunna bidra till kunskap om system som är dimensionerade för 200 personekvivalenter.

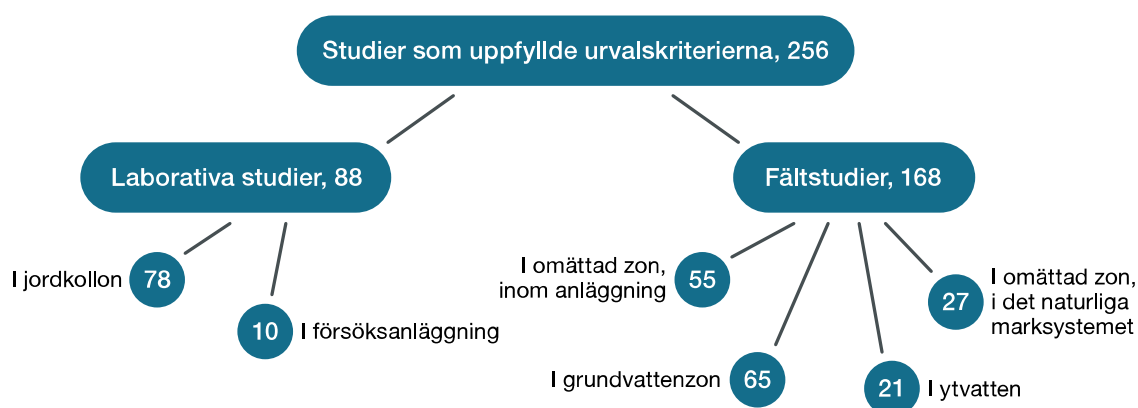
Vi godkände alla typer av kontrollerade studier som baserades på primärdata.¹⁰ Modelleringsstudier inkluderades bara om det fanns uppmätta faktiska data i studierna, som hade använts för att validera modellen. Laboratoriestudier måste vara kolonnstudier (även kallade perkolationsstudier) eller experiment utförda i försöksanläggningar. Så kallade skakförsöksstudier¹¹ inkluderades inte. Vi begränsade språken till svenska, engelska, norska och danska.

2.4 Urvalsprocess

Vi granskade alla publikationer i två steg. Först gjorde vi en sällning baserat på publikationernas titlar och sammanfattningar. Alla publikationer som bedömdes vara potentiellt relevanta i detta steg granskade vi i fulltext. Fulltextgranskningen gjordes av två personer, oberoende av varandra. Publikationer som uteslöts efter granskning i fulltext, eller som inte var möjliga att få tag på, listas i bilagor till den systematiska kartläggningen [15]. Där anges också skäl till exkludering, det vill säga vilket relevanskriterium som studien inte uppfyllde.

2.5 Analys av evidensbasen och extraktion av data och metadata

Vi delade in studierna i sex olika studietyper (Figur 4). I ett första steg kategoriserade vi varje studie som antingen en laborativ studie eller en fältstudie. Laboratoriestudierna delades vidare in i kolonnstudier respektive studier utförda i försöksanläggningar i laboratoriemiljö. Fältstudier klassificerades vidare utifrån var i marksystemet mätningarna hade utförts: i den omättade zonen inom anläggning, i den omättade zonen i det naturliga jordsystemet, i grundvattenzon, eller i ytvatten.



Figur 4. Kategorisering av studietyper. Siffrorna inom parentes anger antal inkluderade studier för respektive studietyp. Eftersom en publikation kan innehålla flera delstudier är antalet studier fler än antalet inkluderade publikationer.

10. Med detta menar vi att den data som används i studien ska ha varit framtagen i densamma. Sammanläggningsstudier baserade på andra tidigare studier inkluderades alltså inte (däremot försökte vi hitta dessa tidigare studier om de föreföll relevanta).

11. Vid skakförsök blandas jord och vatten i en behållare som sedan skakas kontinuerligt under en viss tid så att det blir en god kontakt mellan jordpartiklarna och vattnet. Ofta används vatten/jord-förhållandet 2 eller 10, till exempel enligt standarden EN 12457-3.

Sedan granskade och analyserade vi varje studietyp utifrån tre olika perspektiv:

1. Vi undersökte karaktären av forskningen inom studietypen, till exempel vilka metoder som hade använts för att studera markretentionen. Vi kartlade också egenskaper hos de studerade systemen, till exempel ålder och storlek på studerade avloppsanläggningar.
2. Vi gjorde iakttagelser gällande den interna validiteten och rapporteringskvaliteten hos studierna inom studietypen. Med intern validitet avser vi i vilken grad författarna har använt metoder som ger tillförlitliga mätresultat, det vill säga att resultaten är korrekta för just det system de har studerat. En studie med hög intern validitet har inte systematiska fel som leder till över- eller underskattning av ett samband eller en effekt. Observera att vi gjorde denna granskning på ett övergripande plan. Vi har identifierat återkommande brister som kan kopplas till respektive studietyp, men vi har inte gjort en systematisk granskning av varje inkluderad studies tillförlitlighet.
3. Vi gjorde en bedömning av vilken kunskap, relevant för svenska beslutsfattare och andra intressenter, som studietypen skulle kunna bidra med (och inte). Vi fokuserade särskilt på varje studietyps möjlighet att besvara den fråga som vi primärt är intresserade av, det vill säga hur effektiv markretentionen av fosfor från enskilda avlopp är i det naturliga marksystemet mellan anläggning och ytvatten. Bedömningen baserades på det som framkommit i de två första stegen i granskningen och analysen.

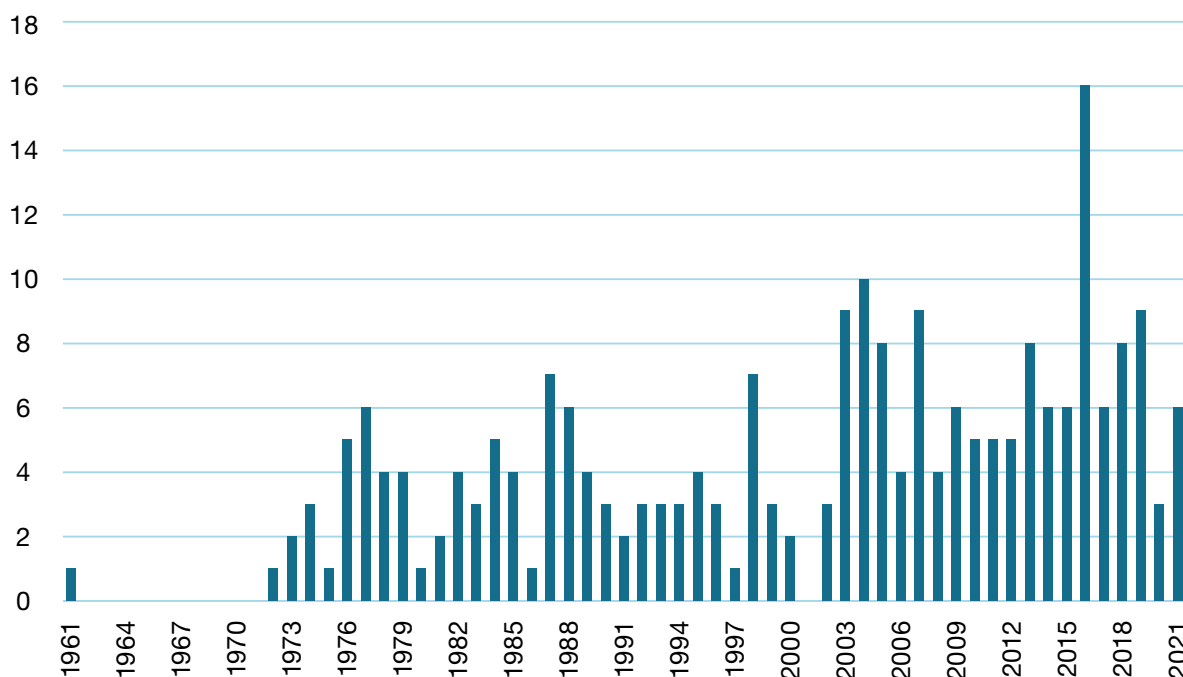
Vi extraherade, för varje inkluderad studie, sådan data och information som är nödvändig för att göra ovanstående granskning och analys. Dataextraktionen skedde i enlighet med ett utarbetat protokoll. I Tabell 1 i avsnitt 6 (Bilagor) listas de data och metadata som extraherades från alla studier. Databasen finns publicerad som en bilaga till den vetenskapliga artikeln [15].

3. Resultat

3.1 Övergripande statistik

Sökningarna i de vetenskapliga databaserna och på webbsidor resulterade i sammanlagt 10 752 unika referenser. Ytterligare 45 publikationer tillkom. Dessa fick vi från intressentkontakter eller hittade i referenslistor i relevanta publikationer. Efter det att samtliga publikationer hade granskats kvarstod 234. Dessa ingår i den systematiska kartläggningen. Eftersom en publikation kan innehålla flera delstudier är antalet inkluderade studier större, 256. Ett flödesschema som beskriver urvalsprocessen presenteras i Figur 5.

De flesta av de 234 publikationerna, 170, är vetenskapliga artiklar; 25 är konferensbidrag; 14 är rapporter från forskningsinstitut eller universitet; 13 är myndighetsrapporter och 12 är examensarbeten eller doktorsavhandlingar. Den äldsta publikationen är från 1961, den senast publicerade är från 2021 (Figur 6).



Figur 6. Antal inkluderade rapporter från respektive år.

I evidensbasen finns 29 länder representerade (Figur 7). De flesta publikationerna kommer från USA (75), följt av Kanada (41) och Sverige (34). Se en interaktiv karta med alla fältstudiers mer exakta positioner utplacerade på formas.se/markretention-fosfor.

Sökning

Antal referenser hittade genom
sökningar i databaser

Academic Search Premier **1 153**, CAB
Abstracts **3 137**, DiVA **934**, DOAJ **233**,
ProQuest **5 330**, Scopus **4 590**, SwePub
372, Web of Science **3 510**

Antal referenser hittade
genom andra källor

Google Scholar **1 605**,
Relevanta webbplatser **387**

19 259

1 992

Sällning

Antal referenser från sökningar
21 251

Antal dubletter
10 499

Antal referenser
efter dubblettrensning
10 752

Antal exkluderade referenser
vid granskning av titel
och sammanfattning
8 941

Antal referenser efter granskning
av titel och sammanfattning
1 811

Antal otillgängliga artiklar
192

Från sakkunnig-
kontakter och
referenslistor
45

Antal artiklar granskade i fulltext
1 664

Antal exkluderade artiklar vid
granskning i fulltext
1 430

Exkluderade på grund av:

Ämne 464	Klimatzon 47
Intervention 363	Språk 16
Jämförelse 14	Publikationstyp 181
Utfall 233	Redundans 9
Studiedesign 103	

Antal artiklar
efter fulltextgranskning
234

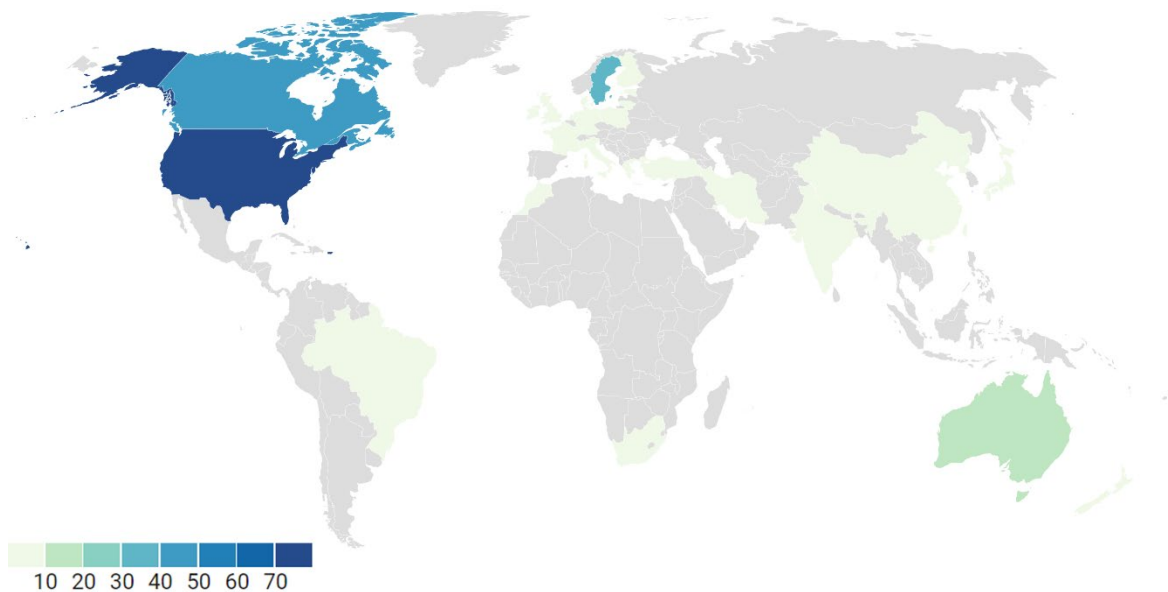
Antal artiklar / antal studier
efter fulltextgranskning
234 / 256

Sammanställning

Antal studier inkluderade i den
systematiska kartläggningen

256

Figur 5. Flödesschema som visar de olika stegen i urvalsprocessen.



Figur 7. Karta som visar fördelningen av de inkluderade studierna. Också laborativa studier är medräknade varför också länder utanför klimatzon C och D finns representerade.

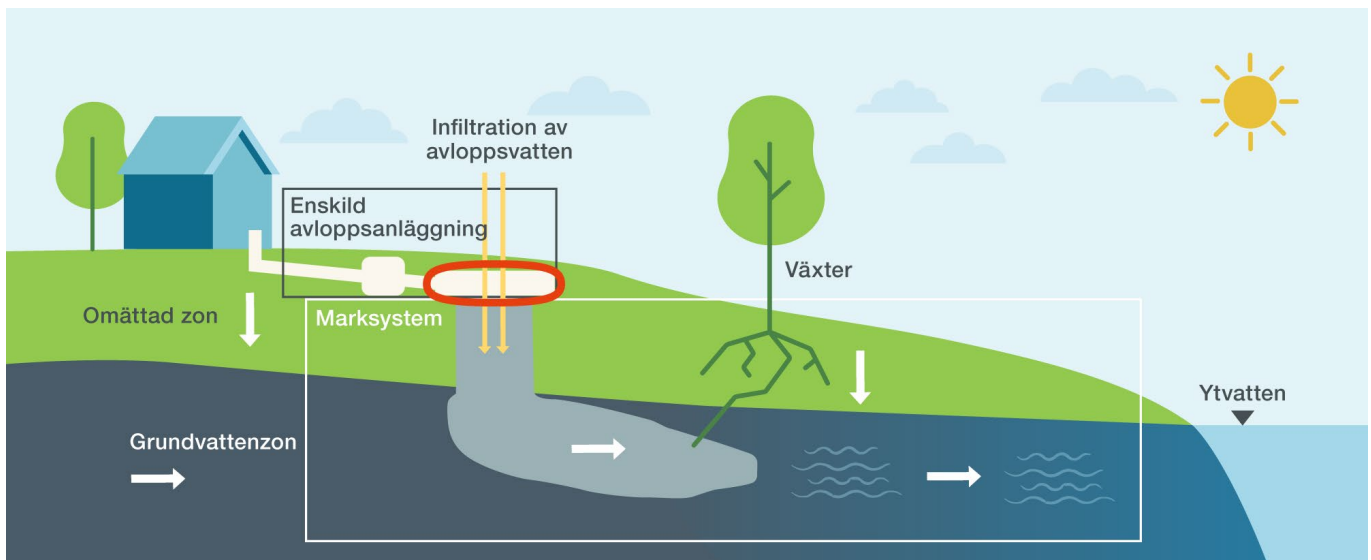
3.2 Beskrivning av evidensbasen

Information om alla inkluderade studier och all data som extraherats från dem finns i en databas som återfinns som bilaga till den systematiska kartläggningen [15]. Databasen utgör grunden för den beskrivning av evidensbasen som finns i den systematiska kartläggningen, och som återges i korthet nedan.

3.2.1 Studier utförda i omättad zon, inom anläggning

55 studier utförda i den omättade zonen, inom anläggning, ingår i den systematiska kartläggningen. Med ”inom anläggning” avses material som har transporterats till anläggningen och (oftast) använts som en markbädd. Enbart studier av naturliga filtermaterial (det vill säga jord- och sandmaterial som inte var förstärkta vad beträffar fosforbindningsförmåga) inkluderades. Studierna inom denna studietyp är i själva verket utförda utanför det marksystem som vi primärt är intresserade av, det vill säga marksystemet mellan anläggning och ytvatten (Figur 8). Eftersom de undersöker retentionen i naturlig jord eller sand är de trots detta att betrakta som en del av den relevanta evidensbasen.

Syftet med studierna i denna grupp var oftast att utvärdera sandens eller jordens förmåga att rena avloppsvatten från olika ämnen, däribland fosfor. De flesta av de 55 studierna (42) var observationsstudier. Man studerade anläggningar som faktiskt användes (eller hade använts) för avloppsrening. Övriga studier (13) var experimentella. I dessa studier studerade man anläggningar som hade konstruerats i forskningssyfte, och använde sig av avloppsvatten som kom någon annanstans ifrån.



Figur 8. Den röda ellipsen visar var studier i omättad zon, inom anläggning, är utförda. Den vita linjen definierar det system som vi primärt är intresserade av.

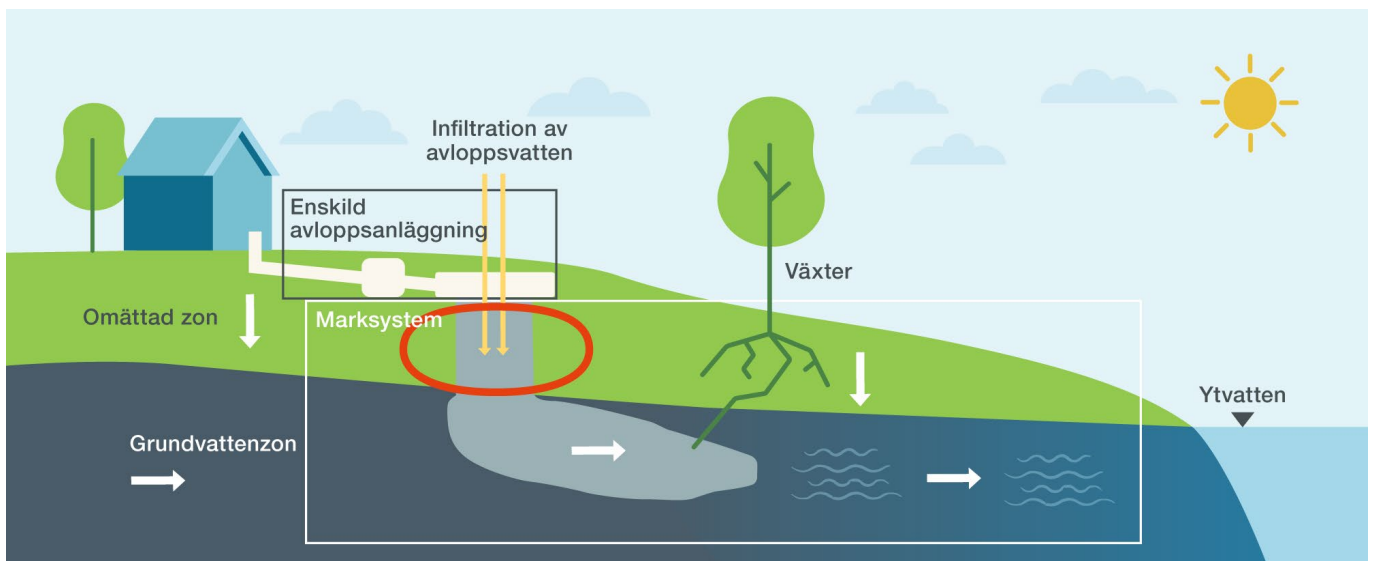
I 51 av de 55 studierna utvärderades retentionen genom att man jämförde fosforkoncentrationen i det avloppsvatten som kom ut från jorden/sanden i anläggningen med fosforkoncentrationen i det avloppsvatten som kom in i jorden/sanden. I övriga fyra studier uppskattades fosforretentionen genom att man fastställde den ackumulerade mängden fosfor i jorden/sanden och jämförde den med den kumulativa fosforbelastningen från slamavskiljaren, alltså hur mycket fosfor som hade tillförts jorden/sanden via avloppsvattnet.

3.2.2 Studier utförda i omättad zon, i det naturliga jordsystemet

27 studier utförda i den omättade zonen, i det naturliga jordsystemet, ingår i den systematiska kartläggningen. Dessa studier var – till skillnad från studierna i föregående kategori – utförda inom det system som vi primärt är intresserade av, om än i en begränsad del av det (Figur 9).

19 studier var observationsstudier, 8 studier var experimentella. I de flesta fall hade retentionen utvärderats genom att man jämförde koncentrationen av löst fosfor i porvatten¹² i den omättade zonen med koncentrationen av fosfor i det vatten som kom från slamavskiljaren och/eller en markbädd (26 av 27 studier). I en studie var betoningen snarast på att kartlägga spridningen av fosfor i den omättade zonen. I två studier hade porvattenstudier kombinerats med en analys av den ackumulerade fosfor i jordprofilen.

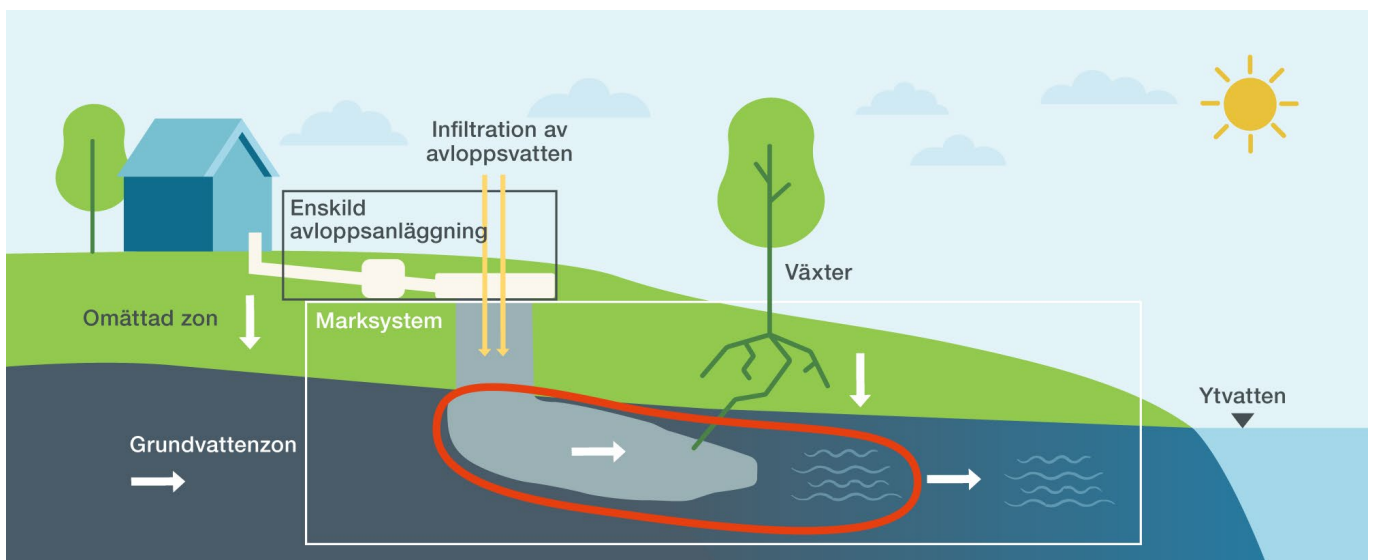
12. Vatten som finns i porer mellan jordpartiklarna.



Figur 9. Den röda ellipsen visar var studier i omättad zon, i det naturliga jordsystemet, är utförda. Den vita linjen definierar det system som vi primärt är intresserade av.

3.2.3 Grundvattenstudier

65 studier utförda i grundvattenzon ingår i den systematiska kartläggningen (Figur 10). De flesta av dessa studier utfördes på platser där grundvattnet var, eller misstänktes vara, påverkat av närliggande enskilda avloppsanläggningar (observationsstudier). Tre studier var experimentella med system konstruerade i forskningssyfte.



Figur 10. Den röda ellipsen visar var i systemet grundvattenstudier är utförda. Den vita linjen definierar det system som vi primärt är intresserade av.

Syfte och fokus varierade mellan de olika studierna. I en grupp studier undersöktes påverkan från närliggande enskilda avloppsanläggningar på grundvatten. Primärt fokus för dessa studier var inte nödvändigtvis fosfor, utan kunde vara till exempel mikroorganismer, tungmetaller eller kväve, men också fosforkoncentrationen hade mätts. Vanligen jämfördes koncentrationen med

bakgrundsvärden, det vill säga i opåverkat grundvatten. I dessa studier försökte författarna ofta relatera koncentrationen av fosfor till avstånd från anläggning.

I en annan grupp av grundvattenstudier undersöktes utvecklingen av fosforplymer. En fosforplym är den grundvattenvolym med förhöjda fosforhalter som efter en tid ofta bildas under enskilda avloppsanläggningar (se Figur 3). Vissa studier definierade bara formen och storleken på plymen, utan att kunna säga något om hur lång tid det hade tagit för den att utvecklas till denna utsträckning. Andra studier rapporterade hur länge anläggningen hade varit i bruk och kunde alltså relatera plymens utbredning till detta.

En del studier rapporterade en fosforfördröjningsfaktor (engelska P retardation factor). Denna beskriver hur mycket långsammare fosfor transporteras i förhållande till grundvattnet. Ett exempel är Harman et al. [19] som använde 400 mätpunkter för att definiera en fosforplym som hade expanderat 75 meter på 44 år, med en hastighet som var 60 gånger långsammare än grundvattenflödet (det vill säga en fosforfördröjningsfaktor om 60).

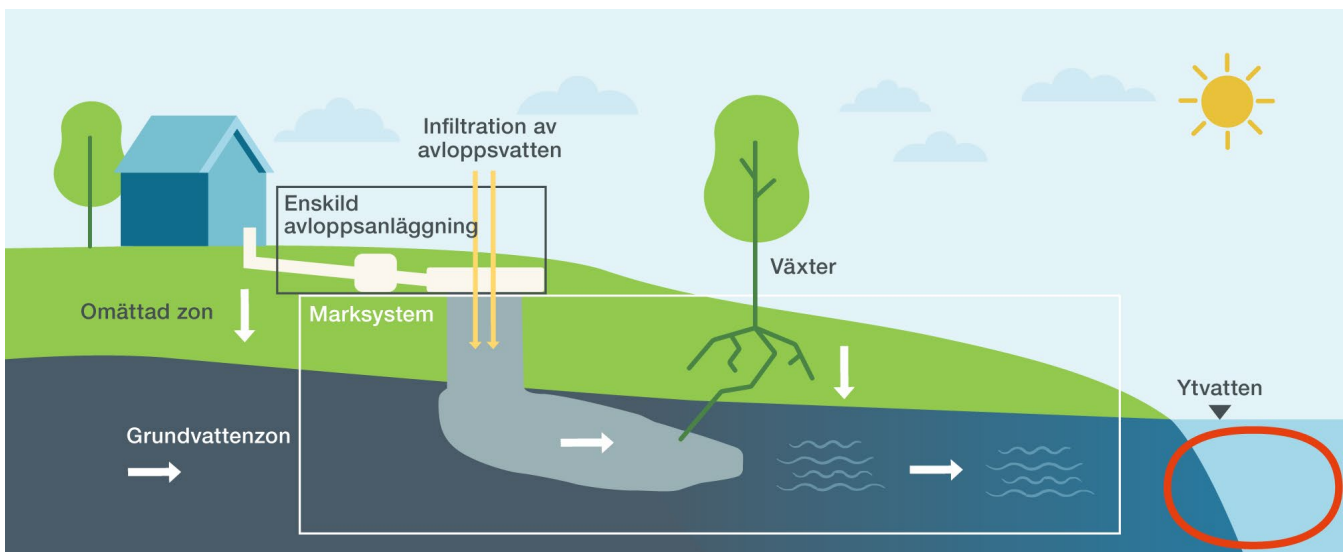
Ett antal grundvattenstudier syftade också till att undersöka fosforretentionsmekanismerna i grundvattenzonen, till exempel om retentionen primärt beror på sorption eller utfällning.

3.2.4 Ytvattenstudier

21 ytvattenstudier ingår i den systematiska kartläggningen (Figur 11). Motiveringen till att vi formulerade urvalskriterierna på ett sätt som gjorde att dessa studier inkluderades var att om man kan dra slutsatsen att enskilda avlopp påverkar koncentrationen av fosfor i närliggande ytvatten, kan man också dra slutsatsen att markretentionen av fosfor inte är tillräcklig för att skydda recipienten under rådande förhållanden (och vice versa). För att kunna dra sådana slutsatser måste dock bidraget av fosfor från markbaserade enskilda avlopp, specifikt, ha sorterats ut från andra potentiella fosforkällor. Många ytvattenstudier exkluderades på grund av att de inte baserade sina uträkningar på mätningar utan i stället på olika slags uppskattningar av retentionen. Andra studier exkluderades på grund av att de använde sig av schablonvärden för fosforutsläpp från hushåll, och räknade med att all fosfor når ytvattnet utan retention.

I de ytvattenstudier som ingår i den systematiska kartläggningen har flera olika metoder använts för att undersöka den möjliga påverkan från enskilda avlopp på ytvatten. Ofta användes mer än en metod i samma studie. Den vanligaste metoden kallas fingerprinting. Den användes i tio av studierna, oftast som komplement till andra metoder eftersom den ensam egentligen inte möjliggör slutsatser om just fosfor. Fingerprinting innebär att förekomsten av andra ämnen än fosfor analyseras (till exempel nitratkväve, bakterier eller koffein), för att indikera en påverkan av avloppsvatten. En annan vanlig metod var att mäta höjningen av fosforkoncentrationen under lågt vattenflöde, då det relativa bidraget från enskilda avlopp är störst. En tredje metod som användes var massbalansberäkningar. Massbalansberäkningar innebär att man gör en uppskattning av fosforbelastningen från samtliga källor i ett specifikt område, och jämför med transporten av fosfor i ytvattensystemet som dränerar detta område. Skillnaden mellan det som transporteras ut ur området och det som tillförs området kan sedan, baserat på mätningar och olika antaganden, fördelas mellan de olika källorna (till exempel enskilda avlopp) och eventuella sänkor (till exempel markretention). I några studier jämfördes fosforkoncentrationen i ytvatten i två olika avrinningsområden, det ena med en hög densitet enskilda avlopp och det andra med en låg

densitet. Ytterligare en metod som användes var att jämföra koncentrationen av fosfor uppströms respektive nedströms områden med enskilda avlopp.



Figur 11. Den röda ellipsen visar var i systemet ytvattenstudier är utförda. Den vita linjen definierar det system som vi primärt är intresserade av.

3.2.5 Laboriestudier utförda i jordkolonner

78 laboriestudier utförda i jordkolonner ingår i den systematiska kartläggningen. Fördelen med kolonnstudier är att det är möjligt att skapa en kontrollerad miljö i en jordkolonn på ett sätt som inte går att göra i fält. Man kan till exempel ha full kontroll över in- och utflödet av avloppsvatten. Nackdelen är förstås att komplexiteten i det naturliga marksystemet knappast går att återskapa i en jordkolonn. Det är därför inte möjligt att överföra resultaten från kolonnstudier till kunskap om markretentionen i det naturliga marksystemet rakt av. Däremot kan de bidra med kompletterande kunskap till exempel om olika faktors betydelse för retentionen.

Syftet med många av kolonnstudierna var att utvärdera ett eller flera konstgjorda eller manipulerade material vad beträffar deras förmåga att fastlägga fosfor, men där en eller flera kolonner med naturlig jord eller sand användes som referens. I dessa fall har vi bara tittat på referenskolonnerna.

Metod för att utvärdera jordmaterialens kapacitet att fastlägga fosfor varierade mellan studierna. Den absolut vanligaste metoden var att jämföra fosforkoncentrationen i avloppsvattnet efter infiltration med koncentrationen före infiltration. Data presenterades dock inte alltid i denna form, utan till exempel som procent fastlagd fosfor, eller i form av en genombrottskurva (engelska breakthrough curve). En sådan kurva visar fosforkoncentrationen i vattnet efter infiltration dividerat med fosforkoncentrationen före (C/C_0) över tid. När $C/C_0=1$ är alltså fosforkoncentrationen lika hög i vattnet efter infiltration som före infiltration, vilket innebär att jorden har uppnått mättnad och inte längre binder mer fosfor. Den näst vanligaste metoden var att mäta koncentrationen av fosfor i jorden efter infiltration av avloppsvatten, och jämföra med en kontrolljord (antingen jorden före infiltration, eller i ett annat jordprov som inte exponerats för avloppsvatten). Fosforkoncentrationen mättes ofta på olika djup i kolonnen. En tredje metod var att mäta mängden fosfor som tillsatts via avloppsvattnet, och mängden fosfor i avloppsvattnet efter infiltration.

3.2.6 Laboratoriestudier utförda i försöksanläggningar

Tio studier utförda i försöksanläggningar i laboratoriemiljö ingår i den systematiska kartläggningen. I dessa studier hade någon typ av mindre försöksanläggning konstruerats bestående av flera komponenter, så som behållare fyllda med jord eller sand, med eller utan vegetation. Denna kategori kan ses om ett mellanting mellan kolonnstudier och studier utförda i omättad zon, inom anläggning. En fördel med denna typ av studier i jämförelse med studier utförda i omättad zon i fält är att inflödet av vatten kan kontrolleras effektivt. Dessutom kan man bortse från risken för utspädning av regnvatten. I alla dessa studier utvärderades materialens förmåga att fastlägga fosfor genom att jämföra fosforkoncentrationen i avloppsvattnet efter infiltration med koncentrationen före infiltration.

3.3 Evidensbasens karaktär - iakttagelser och bedömningar

Syftet med den systematiska kartläggningen var att beskriva, analysera och utvärdera evidensbasen. Målet var framför allt att kunna dra slutsatser om vilken allmängiltig kunskap, relevant för policy och förvaltning, som skulle kunna utvinnas ur befintlig forskning. Nedan sammanfattas de iakttagelser och bedömningar vi har gjort, som ligger till grund för de slutsatser vi har dragit. För mer detaljerad information, till exempel per studietyp, hänvisar vi till den fullständiga systematiska kartläggningen och dess databas [15].

3.3.1 Heterogen evidensbas

Det finns en ansenlig mängd forskning som, ur olika perspektiv, har adresserat frågan om markretention av fosfor. Evidensbasen är heterogen. Detta gäller till exempel vilka forskningsfrågor man har fokuserat på, vilka systemgränser som har tillämpats, och hur studierna har lagts upp. Denna heterogenitet är på sätt och vis trivial: vi valde helt enkelt att formulera våra urvalskriterier på ett sätt som gjorde att studier av väldigt olika karaktär inkluderades. Detta eftersom vi ville täcka in hela evidensbasen.

Ofta är också studier som utgår från samma forskningsfråga påtagligt olika. Det saknas uppenbarligen internationellt vedertagna riktlinjer för forskningsfältet. Det gäller både rekommenderade studieupplägg för specifika forskningsfrågor, och hur och på vilken detaljnivå metodologiska data och resultatdata bör redovisas. Denna heterogenitet gör det svårt att jämföra och väga samman resultat från olika studier.

Annan heterogenitet gäller egenskaper hos de olika studerade systemen, så som jordtyper, hydraulisk belastning (det vill säga hur mycket avloppsvatten jorden belastades med), och hur länge jorden hade exponerats för avloppsvatten. Sådan heterogenitet är en fördel eftersom det är en förutsättning för att kunna utreda olika faktorer respektive betydelse för retentionen.

3.3.2 Bristande rapportering

Bristfällig rapportering är ett återkommande problem. Det är vanligt att metodbeskrivningen inte är tillräckligt detaljerad, och det förekommer att resultat redovisas utan att själva grunddata rapporteras. Den mest påfallande rapporteringsbristen gäller dock data om kontextuella faktorer som är av avgörande betydelse för retentionen. Till exempel beskrivs ofta jordens egenskaper

bristfälligt. Information om hur mycket avloppsvatten jorden hade belastats med, och hur länge, saknas också ofta.

3.3.3 Fallstudier dominerar

För att kunna bearbeta resultaten i en studie statistiskt, och för att kunna använda resultaten från en studie i regelrätta metaanalyser¹³, måste studien vara replikerad. Med det menar vi att man inom ramen för studien behöver ha gjort flera sinsemellan oberoende observationer, replikat¹⁴, där de olika replikaten har likartade förutsättningar. I fallstudier, det vill säga studier som inte är replikerade, kan osäkerheten i resultatet inte kvantifieras, vilket gör dem osäkrare och av mindre vetenskapligt värde.

De flesta av de inkluderade studierna var observationsstudier. Man hade genomfört mätningar i eller i närheten av en eller flera anläggningar som var (eller hade varit) i bruk för avloppsrening. I de fall flera anläggningar studerades inom ramen för samma studie skiljde sig dessa anläggningar åt, till exempel med avseende på hur mycket avloppsvatten anläggningen belastades med, eller med avseende på jordtyp.

En mindre andel av fältstudierna¹⁵ (16%) var experimentella, det vill säga genomförda på anläggningar som hade satts upp enbart i forskningssyfte och där appliceringen av avloppsvatten kunde ske på ett kontrollerat sätt. Också nästan alla experimentella fältstudier (97%) var dock icke-replikerade. Det gällde också en majoritet (69%) av de laborativa studierna. Bristen på replikerade studier undergräver möjligheten att dra robusta, allmängiltiga, slutsatser om hur effektiv markretentionen av fosfor är, och om de faktorer som påverkar den.

3.3.4 Andra metodologiska brister

De studerade systemen hade ofta varit exponerade för avloppsvatten under en förhållandevis kort tid. Detta är en brist på grund av att tidsaspekten är av avgörande betydelse för retentionen. Förenklat kan sägas att från början kan nästan all fosfor bindas i den omättade zonen, men i sinom tid blir jorden ”mättad” på fosfor – det finns inte längre några järn- och aluminiumoxider för fosfor att binda till. Eftersom det tar lång tid för fosforplymen att breda ut sig i grundvattnet är också studier utförda i grundvattnet under anläggningar som bara varit i bruk under ett fåtal år av begränsat värde.

Vad gäller studier utförda i den omättade zonen är det viktigt att korrigera för olika utspädningseffekter som kan bli resultatet av infiltrerande regnvatten eller av läckage från omgivande jordar. I ett fåtal studier gjordes detta, genom att man tog hänsyn till en uppskattad mängd regn eller genom att man använde sig av ett spårämne, till exempel klorid. De flesta studier rapporterade dock inte resultat som korrigerats för utspädning, även om de data som rapporterades ibland var tillräckliga för att räkna ut det. Utspädningseffekten kan ibland vara avsevärd. Detta gör att fosforretentionsresultat som inte korrigerats för utspädning ska tolkas med försiktighet.

13. I en metaanalys vägs resultaten från flera originalstudier samman statistiskt.

14. Med replikering kan man också mena att man upprepar en studie enligt samma upplägg, för att kontrollera om resultatet blir detsamma. Det är alltså inte det vi avser med replikering i detta sammanhang.

15. Fältstudier utförda i omättad zon och grundvattenzon – ytvattenstudierna ej inräknade.

En annan osäkerhet är att koncentrationen av fosfor kan variera avsevärt över tid, vilket kan leda till stora skillnader i den beräknade retentionen. Ett exempel på detta är fyra studier av Nilsson et al. [20]. Vid ett provtagningstillfälle var fosforreduktionen större än 90 procent, men vid nästa tillfälle var fosforhalten i det utflödande vattnet högre än i det ingående. En enstaka mätning ger en ögonblicksbild av retentionen, som förmodligen inte representerar retentionen i det långa loppet. Därför behövs upprepade mätningar för att uppskattningarna ska vara tillförlitliga. Av 51 studier som kvantifierade retentionen inom anläggning genom att mäta löst fosfor i ingående och utgående vatten, innehöll nio data från bara ett eller två provtagningstillfällen, och för nio studier rapporterades inte antalet provtagningstillfällen.

Studier som använt sig av metoden att mäta den ackumulerade fosfor i jord har en fördel i och med att denna metod kan ge en bild av fosforretentionen under anläggningens hela livstid. Det förutsätter dock precisa uppskattningar både vad gäller den kumulativa fosforbelastningen till jorden, och den totala fosfor i såväl jorden som i kontrollen. Sådana data är ofta inte kända, eller rapporteras i alla fall inte av författarna. För en av jordarna som studerades av Eveborn et al. [9], räknade författarna ut fosforretentionen över tid till mer än 100 procent, en uppenbar omöjlighet. Detta berodde förmodligen på mindre precisa uppskattningar av en eller flera av de ovan nämnda parametrarna.

Också många av de inkluderade ytvattenstudierna har metodologiska brister. Det finns helt enkelt inget enkelt sätt att beräkna påverkan på ytvatten från markbaserade enskilda avlopp. Bedömningen var att det egentligen bara var möjligt att med någorlunda säkerhet isolera bidraget från enskilda avloppsanläggningar i fem av de 21 inkluderade studierna. Bara sex studier hade använt en tydlig kontroll (utan enskilda avlopp) för jämförelse. Ett annat återkommande problem var den möjliga påverkan från avloppsanläggningar utan markinfiltration, med utsläpp direkt till ett dike eller ytvatten.

3.3.5 Få studier i relation till variabiliteten och komplexiteten

För att kunna fastställa generellt gällande kvantitativa mått på den retention av fosfor som sker i det naturliga marksystemet skulle man behöva ett stort antal studier, utförda över hela systemet (det vill säga från anläggning till ytvatten) under lång tid (årtionden) och i enlighet med likartade studieprotokoll. De flesta av de befintliga studierna fokuserade i stället på en specifik, begränsad, del av systemet, och mätningarna utfördes ofta vid ett eller ett fåtal tillfällen. De ger på så vis en bild av förhållandena på en specifik plats vid ett specifikt tillfälle, eller vid ett fåtal specifika tillfällen. Det finns ett fåtal studier som har kartlagt fosforplymens expansion under årtionden, och därigenom beaktar en stor del av systemet under en relevant tidsperiod. Dessa studier är dock inte tillräckligt många och täcker inte en tillräcklig bredd av markförhållanden för att kunna ligga till grund för uppskattningar av generellt gällande kvantitativa mått.

Också när det gäller frågan om i vilken omfattning och under vilka förhållanden enskilda avlopp har en påverkan på fosfornivåerna i ytvatten är bedömningen att antalet studier är alltför litet, givet komplexiteten och variabiliteten hos systemen (med ett "system" avses i detta sammanhang det studerade ytvattnet och dess avrinningsområde).

3.3.6 Modellering

Evidensbasen indikerar att de olika fosforretentionsmekanismerna varierar i styrka och att olika mekanismer kan dominera under olika hydrogeologiska och biogeokemiska förhållanden. För några specifika förhållanden skulle evidensbasen kunna vara tillräcklig för att skapa modeller av de dominerade markretentionsprocesserna, och ta fram modellbaserade prognoser för fosfortransporten och -retentionen på ställen där likartade förhållanden råder. Problemet är dock att dessa förhållanden sällan är väl undersökta och beskrivna för specifika platser i Sverige. Därför skulle sådana modellbaserade prognoser vara associerade med stor osäkerhet och förmodligen inte vara särskilt användbara. En större evidensbas - många fler studier - skulle behövas för att utvärdera tillförlitligheten hos eventuella modellprognoser för en bredd av olika förhållanden.

3.4 Möjliga systematiska översikter

Det finns två studietyper som eventuellt skulle kunna utgöra grund för systematiska översikter. Även om dessa systematiska översikter inte skulle kunna ge svar på frågan om hur effektiv markretentionen av fosfor är, så skulle de kunna vara informativa ur ett policy- och förvaltningsperspektiv.

3.4.1 Plymstudier

En systematisk översikt av studier utförda i grundvattenzon med syftet att visa utbredningen och expansionen av fosforplymer skulle kunna vara användbar. Eftersom dessa studier är fallstudier, och eftersom antalet av dem är för litet givet komplexiteten och variabiliteten av systemen, kan de inte ligga till grund för kvantitativa mått på markretentionen av fosfor. En sammanställning av studierna skulle dock kunna visa exempel på hur långt plymen kan nå under en viss tidsperiod, under specifika förhållanden.

3.4.2 Kolonnstudier

En systematisk översikt baserad på laborativa kolonnstudier skulle eventuellt kunna bidra med mer precis kunskap om specifika faktorer påverkan på retentionen. De flesta kolonnstudier är utförda på ungefär samma sätt, vilket underlättar sammanvägning av resultaten. Majoriteten kolonnstudier är dock utförda utan replikat. Dessa är av begränsat vetenskapligt värde och kan inte ingå i regelrätta metaanalyser. Dessutom gör den återkommande bristfälliga rapporteringen av relevanta parametrar att många studier förmodligen inte skulle passera en kritisk granskning. Det är därför osäkert om det finns tillräckligt många välgjorda studier för att kunna utvärdera betydelsen av specifika faktorer.

3.5 Kunskapsluckor

Vi kan konstatera att det finns många kunskapsluckor inom forskningsfältet men vill lyfta fram två områden särskilt. Mer forskning inom dessa skulle kunna föra frågan kring markretention av fosfor från enskilda avlopp ett steg framåt.

Fler grundvattenstudier, gärna utförda i svenska marksystem, i vilka utbredningen och expansionen av fosforplymen nedströms enskilda avloppsanläggningar som varit i bruk under lång tid kartläggs,

vore önskvärt. Fler sådana studier skulle kunna bidra till mer välgrundade uppskattningar av utbredningen av fosforplymer över tid, och möjligen kunna ge en indikation på under vilka omständigheter (till exempel gällande avstånd till ytvatten) enskilda avloppsanläggningar kan misstänkas utgöra ett problem vad gäller fosfor.

Fler studier utförda i omättad zon, såväl inom anläggning som i det naturliga jordsystemet, vore önskvärt. Fokus bör vara på anläggningar som har varit i bruk under en lång tid och studierna bör designas på ett sätt som möjliggör korrigering för utspädning. För att kunna ligga till grund för bedömningar av hur jordens egenskaper spelar in bör till exempel oxalatlösligt järn och aluminium inkluderas i analysprogrammet. Fler dylika studier skulle exempelvis kunna bidra till mer välgrundade uppskattningar av tidsperspektivet vad gäller fosformättnad.

4. Slutsatser

Det huvudsakliga målet med den systematiska kartläggningen var att kunna dra slutsatser om vilka frågor, relevanta för beslutsfattare och andra intressenter i en svensk policy- och förvaltningskontext, som den forskning som handlar om markretention av fosfor från enskilda avlopp skulle kunna ge svar på. Vi har också gjort iakttagelser av relevans för framtida forskning, som i förlängningen också skulle kunna göra forskningen mer användbar för beslutsfattare.

4.1 Slutsatser av relevans för policy och förvaltning

- Det är inte möjligt att fastställa generellt gällande kvantitativa mått (till exempel g P/m³ jord eller % avskild P) på den retention av fosfor som sker i marken mellan avloppsanläggning och ytvatten, baserat på befintlig empirisk forskning.
- Det är inte möjligt att fastställa generellt gällande kvantitativa mått (till exempel g P/m³ jord eller % avskild P) på den retention av fosfor som sker i den omättade zonen, inom anläggning, baserat på befintlig empirisk forskning.
- Det är inte möjligt att fastställa i vilken grad och under vilka förhållanden enskilda avlopp generellt har en påverkan på fosforhalten i ytvatten, baserat på befintlig empirisk forskning.
- Det kan eventuellt vara möjligt att ta fram modellsimuleringar av markretentionen för vissa specifika förhållanden, baserat på empiriska studier. Den praktiska tillämpningen skulle dock vara begränsad eftersom variationerna vad gäller de hydrogeologiska och biogeokemiska förhållandena är stora, och eftersom platsspecifik information om dessa förhållanden i de flesta fall saknas. Mängden studier är inte tillräckligt stor för att ta fram tillförlitliga modellsimuleringar för en bredare variation av förhållanden.

4.2 Slutsatser av relevans för framtida forskning

- I framtida forskning bör i möjligaste mån replikering tillämpas.
- I framtida forskning bör data rapporteras på ett mer transparent och fullständigt sätt än som ofta är fallet. Det finns ett behov av att etablera studiedesign- respektive rapporteringsstandarder inom forskningsfältet.
- Det finns ett behov av fler svenska grundvattenstudier i vilka utbredningen och expansionen av fosforplymen nedströms enskilda avloppsanläggningar som varit i bruk under lång tid kartläggs.
- Det finns ett behov av fler studier utförda i omättad zon, såväl inom anläggning som i det naturliga jordsystemet.

5. Avslutande kommentarer

Sammanfattningsvis är bedömningen att befintlig empirisk forskning inte kan ligga till grund för svar på frågan om hur effektiv markretentionen av fosfor från enskilda avlopp är. Det är alltså inte möjligt att ta fram vetenskapligt grundade schablonvärden på markretentionen, till exempel kopplat till olika marktyper. Detta ska inte tolkas som att det inte finns någon markretention, och att man därmed kan ifrågasätta om markbaserade system alls bör tillåtas. Att det sker processer i marken som håller tillbaka fosfor på dess väg från anläggning till ytvatten råder det inget tvivel om. Det är just hur effektiva dessa processer är som det för närvarande inte går att ta fram några generella mått på.

Bedömningen är också att forskningen inte kan ge detaljerade svar på under vilka förhållanden små avlopp bidrar med fosfor till ytvatten, och hur stor denna påverkan är. Detta ska inte tolkas som att ingen fosfor från enskilda avloppsanläggningar når sjöar, vattendrag och hav, och att det därför inte behövs någon rening efter slamavskiljningen. All fosfor som kommer från enskilda avloppsanläggningar når i sinom tid ett ytvatten. Men återigen: hur effektiv markretentionen är, är av avgörande betydelse i sammanhanget. Det påverkar nämligen hur mycket fosfor som når ytvattnet per tidsenhet, och därmed hur stor påverkan fosfor får på vattenmiljön ur ett kortare tidsperspektiv.

6. Bilagor

6.1 Extraherad data och information

Tabell 1 Extraherade data-/metadatatyper per studietyp. Förkortningarnas betydelser listas under tabellen.

Typ av extraherad data/metadata	Studietyp
Bibliografisk information (namn och e-postadress till försteförfattaren, titel, tidskrift, publiceringsår, etcetera)	LK, LF, OI, ON, G, Y
Rapporttyp (t ex vetenskaplig artikel, myndighetsrapport, avhandling)	LK, LF, OI, ON, G, Y
Språk	LK, LF, OI, ON, G, Y
Land	LK, LF, OI, ON, G, Y
Region	OI, ON, G, Y
Fall/försök (om fler än ett)	LK, LF, OI, ON, G, Y
Geografiska koordinater	OI, ON, G, Y
Klimatzon	OI, ON, G, Y
Studieupplägg (fältstudie eller laboratoriestudie)	LK, LF, OI, ON, G, Y
Var i systemet studien utfördes (för fältstudier)	OI, ON, G, Y
Experimentupplägg (jordkolonn eller försöksanläggning)	LK, LF
Studiesyfte	LK, LF, OI, ON, G, Y
Typ av rapporterade mätningar/utfall	LK, LF, OI, ON, G, Y
Var i rapporten relevanta resultat/utfall redovisas	LK, LF, OI, ON, G, Y
P species	LK, LF, OI, ON, G, Y
Generell jordbeskrivning	LK, LF, OI, ON, G, Y
Jordart	LK, LF, OI, ON, G, Y
Jordtextur	LK, LF, OI, ON, G, Y
Andel sand	LK, LF, OI, ON, G, Y
Andel silt	LK, LF, OI, ON, G, Y
Andel lera	LK, LF, OI, ON, G, Y
Diameter och jordpackhöjd för jordkolonner, alternativt längd, vidd och höjd för jordbehållare i lådform	LK, LF
Huruvida jorden hade använts för avloppsrening tidigare eller ej	LK, LF
Huruvida pH i jord eller grundvatten som inte påverkats av avloppsvatten rapporteras eller ej	LK, LF, OI, ON, G
Huruvida pH hos avloppsvattnet före infiltration rapporteras eller ej	LK, LF, OI, ON
Huruvida pH hos avloppsvattnet efter infiltration rapporteras eller ej	LK, LF, OI, ON
Huruvida pH hos grundvattnet som påverkats av avloppsvatten rapporteras eller ej	G
Huruvida koncentrationen av oxalatextraherbart järn i jorden rapporteras eller ej	LK, LF, OI, ON, G, Y
Huruvida koncentrationen av ditionitextraerbart järn i jorden rapporteras eller ej	LK, LF, OI, ON, G, Y
Huruvida koncentrationen av oxalatextraherbart aluminium i jorden rapporteras eller ej	LK, LF, OI, ON, G, Y

Huruvida koncentrationen av ditionitextraherbart aluminium i jorden rapporteras eller ej	LK, LF, OI, ON, G, Y
Typ av avloppsvatten (från enskild avloppsanläggning eller kommunalt avloppsvatten)	LK, LF
Varaktighet/volym av avloppsvattensbelastning	LK, LF, OI, ON, G, Y
Hydraulisk belastning av avloppsvatten (volym/area/tidsenhet) eller (om data för hydraulisk belastning saknas) volym avloppsvatten per tidsenhet	LK, LF, OI, ON, G
Huruvida hydraulisk belastning är rapporterad eller möjlig att beräkna eller ej	LK, LF, OI, ON, G
Antal och typ av enheter som givit upphov till avloppsvattnet (till exempel hushåll, personer)	OI, ON, G
Typ av enskild avloppsanläggning (så som beskrivet i rapporten – terminologin är inte konsekvent)	OI, ON, G
Strategi för att korrigera för utspädning och/eller bakgrundsfosfor/läckage	G
Strategi för att korrigera för utspädning	OI, ON
Metod för att utvärdera retentionen	LK, LF, OI, ON, G
Huruvida tillgängliga data möjliggör uträkning av fosforbelastning till filter (g/m ³ material) eller ej	LK, LF, OI
Huruvida studien är en experimentell studie eller en observationsstudie	OI, ON, G
Antal replikat (för experimentella studier)	LK, LF, OI, ON, G
Metod för att utvärdera retentionen/möjlig påverkan från enskilda avlopp	G
Metod för att utvärdera möjlig påverkan från enskilda avlopp	Y
Huruvida det är möjligt att isolera effekten från enskilda avlopp eller ej	Y
Huruvida det finns en kontroll utan enskilda avlopp eller ej	Y
Huruvida det finns dåliga system (i.e., utan infiltration) i avrinningsområdet eller ej	Y

LK: Laborativa studier utförda i jordkolonner

LF: Laborativa studier utförda i försöksanläggningar

OI: Studier utförda i omättad zon, inom anläggning

ON: Studier utförda i omättad zon, i det naturliga marksystemet

G: Grundvattenstudier

Y: Ytvattenstudier

6.2 Bilagor i den vetenskapliga artikeln

Detaljerade beskrivningar av metoderna och resultaten finns i den vetenskapliga artikel som ligger till grund för denna rapport, samt dess bilagor [15]. Bilagorna listas nedan.

Bilaga 1. Rapporteringsstandard enligt ROSES-kriterierna.

Bilaga 2. Litteratursökningar.

Bilaga 3. Lista över utvalda relevanta studier som användes för att validera litteratursökningen.

Bilaga 4. Lista över exkluderade studier, inklusive anledning till exkludering.

Bilaga 5. Databas över alla inkluderade studier och all extraherad data och metadata.

Bilaga 6. Lista över artiklar som bedömts vara relevanta men som inte hittats i fulltext.

Bilaga 7. Evidenskartan.

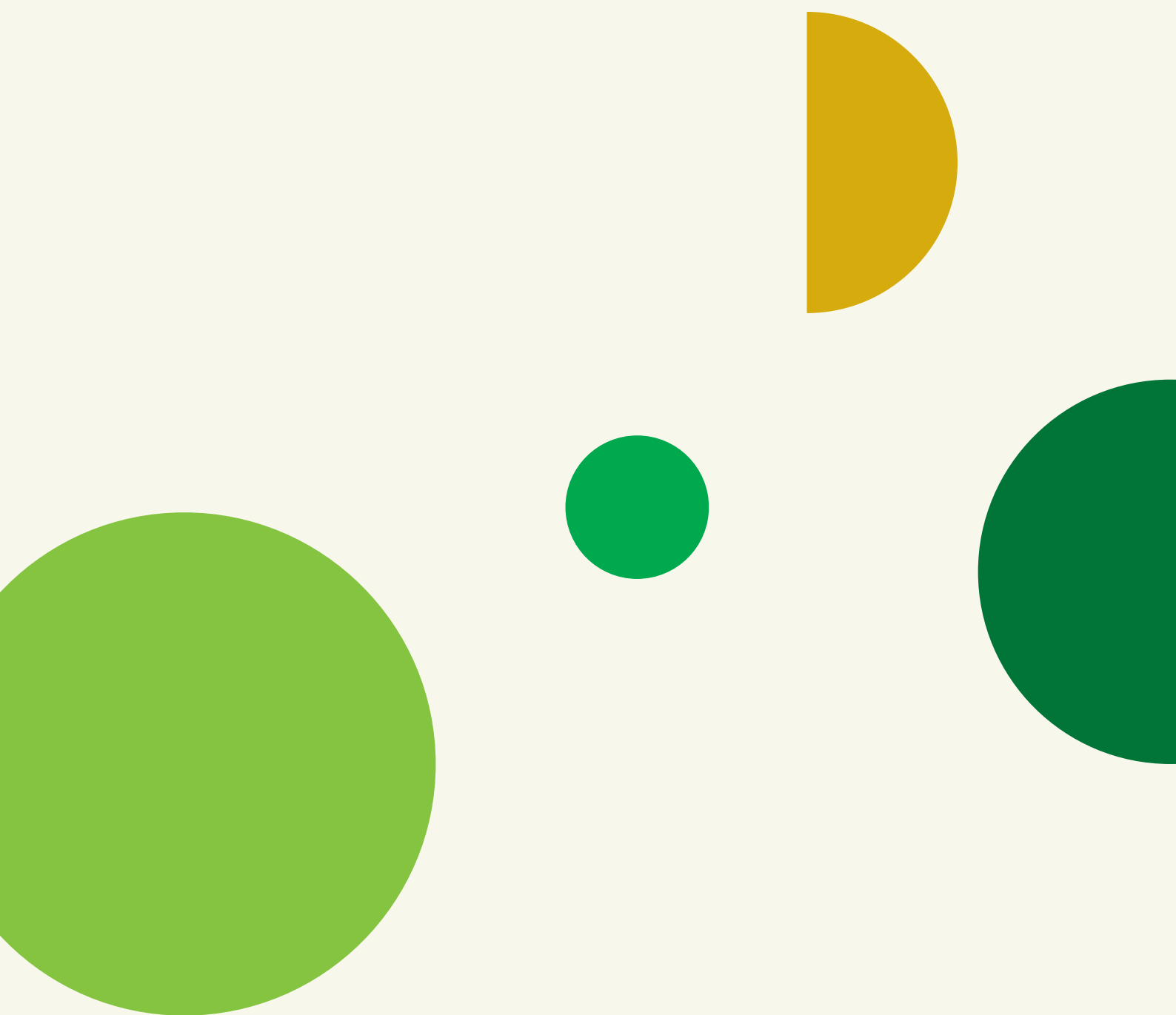
7. Referenser

- [1] Olshammar M. Datainsamling om teknikuppgifter för små avlopp. Norrköping: Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut; 2021. SMED Rapport Nr 28 2021.
- [2] Miljöbalk (SFS 1998:808). Stockholm: Klimat- och näringslivsdepartementet. Hämtad från: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/miljobalk-1998808_sfs-1998-808/.
- [3] Havs- och vattenmyndighetens allmänna råd om små avloppsanordningar för hushållsspillvatten (HVMFS 2016:17). Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten. Hämtad från: <https://www.havochvatten.se/vagledning-foreskrifter-och-lagar/foreskrifter/register-avlopp/sma-avloppsanordningar-for-hushallsspillvatten-hvmfs-201617.html>.
- [4] VA-guiden. Avloppsguiden - Anläggningar [Internet]. Uppsala: VA-guiden [citerad nov 2022]. Hämtad från: <https://avloppsguiden.se/informationssidor/anlaggningar/#info-bdt-rening>.
- [5] Havs- och vattenmyndigheten. Ingen övergödning: Fördjupad utvärdering av miljökvalitetsmålen 2023 [Internet]. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten; 2022. Rapport 2022:16. Hämtad från: <https://www.havochvatten.se/data-kartor-och-rapporter/rapporter-och-andra-publikationer/publikationer/2022-10-03-ingen-overgodning.html>.
- [6] Hansson K, Ejhed H, Widén-Nilsson E, Johnsson H, Tengdelius Brunell J, Gustavsson H, et al. Näringsbelastningen på Östersjön och Västerhavet 2017: Sveriges underlag till HELCOM:s sjunde Pollution Load Compilation [Internet]. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten; 2019. Havs- och vattenmyndighetens rapport; 2019:20. Hämtad från: <https://www.havochvatten.se/data-kartor-och-rapporter/rapporter-och-andra-publikationer/publikationer/2020-03-06-naringsbelastningen-pa-ostersjon-och-vasterhavet-2017.html>.
- [7] Vatteninformationssystem Sverige, VISS. Övergödningskartan [Internet]. Jönköping: Vatteninformationssystem Sverige [senast uppdaterad: 2021-12-23; citerad 2023-06-01]. Hämtad från: <https://viss.lansstyrelsen.se/>.
- [8] Eveborn D, Kong D, Gustafsson JP. Wastewater treatment by soil infiltration: Long-term phosphorus removal. *J Contam Hydrol.* 2012;140–141:24–33. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2012.08.003>.
- [9] Eveborn D, Gustafsson JP, Elmefors E, Yu L, Eriksson AK, Ljung E, Renman G. Phosphorus in soil treatment systems: accumulation and mobility. *Water Res.* 2014;64:42–52. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.06.034>.
- [10] Zanini L, Robertson WD, Ptacek CJ, Schiff SL, Mayer T. Phosphorus characterization in sediments impacted by septic effluent at four sites in central Canada. *J Contam Hydrol.* 1998;33:405–29. [https://doi.org/10.1016/S0169-7722\(98\)00082-5](https://doi.org/10.1016/S0169-7722(98)00082-5).
- [11] Patel D, Goswami D. Phosphorus Solubilization and Mobilization: Mechanisms, Current Developments, and Future Challenge. I: Yadav A, Rastegari A, Yadav N, Kour D, redaktörer. *Advances in Plant Microbiome and Sustainable Agriculture. Microorganisms for Sustainability*, vol 20. Singapore: Springer, 2020. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3204-7_1.

- [12] Mechtensimer S, Toor GS. Fate, mass balance, and transport of phosphorus in the septic system drainfields. *Chemosphere*. 2016;159:153–8. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.05.084>.
- [13] Miljötillynsförordning (SFS: 2011:13). Stockholm: Klimat- och näringslivsdepartementet. Hämtad från: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-och-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/miljotillsynsforordning-201113_sfs-2011-13/.
- [14] Havs- och vattenmyndigheten. GIS-stöd för prövning av små avloppsanläggningar [Internet]. Göteborg: Havs och vattenmyndigheten; 2018 [uppdaterad 2019-01-31; citerad 2022-12-01]. Hämtad från: <https://www.havochvatten.se/avlopp-och-dricksvatten/sma-avloppsanlaggningar/vagledning-och-tillsyn-av-sma-avlopp/gis-stod-for-provning-av-sma-avloppsanlaggningar.html>.
- [15] Envall I, Fagerlund F, Johansson Westholm L, Åberg C, Bring A, Land M, Gustafsson JP. Existing evidence related to soil retention of phosphorus from on-site wastewater treatment systems in boreal and temperate climate zones. A systematic map. *Environ Evid*. 2023;12:6. <https://doi.org/10.1186/s13750-023-00300-7>.
- [16] Envall I, Fagerlund F, Johansson Westholm L, Åberg C, Bring A, Land M, Gustafsson JP. What evidence exists related to soil retention of phosphorus from on-site wastewater treatment systems in boreal and temperate climate zones? A systematic map protocol. *Environ Evid*. 2020;9:22. <https://doi.org/10.1186/s13750-020-00205-9>.
- [17] Collaboration for Environmental Evidence. Guidelines and Standards for Evidence synthesis in Environmental Management. Version 5.1. 2022. AS Pullin, GK Frampton, B Livoreil, G Petrokofsky, redaktörer [Internet]. Hämtad från: www.environmentalevidence.org/information-for-authors.
- [18] Beck H, Zimmermann N, McVicar T, Vergopolan N, Berg A, Wood EF. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Sci Data* 5. 2018;180214. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>.
- [19] Harman J, Robertson WD, Cherry JA, Zanini L. Impacts on a Sand Aquifer from an Old Septic System: Nitrate and Phosphate. *Groundwater*. 1996;34:1105-1114. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.1996.tb02177.x>.
- [20] Nilsson P, Nyberg F, Karlsson M. Markbäddars funktion: kontroll och utvärdering av markbäddar. Stockholm: Naturvårdsverket; 1998. Rapport 4895.

Del 2

Samhällsekonomisk analys



Inledning

Att åtgärda en bristfällig avloppsanläggning, eller att anlägga en ny, är dyrt. Det är därför begripligt att frågan om vilka krav som bör ställas på enskilda avlopp diskuteras och debatteras. Mängden fosfor som släpps ut från ett enskilt avlopp är i allmänhet inte stor. Problemet är att det finns så pass många anläggningar att den sammantagna mängden blir betydande.

Miljöpolitiken har som syfte att åstadkomma en så kostnadseffektiv användning av samhällets resurser som möjligt. Markretentionen har betydelse för kostnadseffektiviteten av att minska belastningen av fosfor från enskilda avlopp på olika recipienter. Under antagandet att allt annat är lika, till exempel reningskostnaden, utsläppsmängden och miljöskadekostnaden, kommer ökad fosforrening i ett område med låg retention att vara att föredra ur ett kostnadseffektivitetsperspektiv framför ökad fosforrening i ett område med hög retention.

Den övergripande slutsatsen i den systematiska kartläggningen är dock att det utifrån befintlig forskning inte är möjligt att ta fram generellt gällande kvantitativa mått på den retention av fosfor som sker i det naturliga marksystemet mellan avloppsanläggning och recipient. Detta innebär att det inte går att bedöma kostnadseffektiviteten av de reningskrav som genom befintligt regelverk ställs på själva avloppsanläggningarna. Detta begränsar vilken typ av samhällsekonomisk analys som är möjlig och relevant att göra.

Vi har valt att genomföra en så kallad konceptuell analys, samt en analys av de miljöpolitiska utmaningar som kan stå i vägen för att de aktuella miljömålen nås. Det primära syftet är att skapa en överblick över problemet ur ett samhällsekonomiskt och miljöpolitiskt perspektiv. Därmed hoppas vi kunna bidra till att öka förståelsen för problemets olika aspekter, och på så vis lägga en grund för en fortsatt diskussion gällande till exempel möjliga styrmedel. Kanske kan också en ökad förståelse leda till en ökad acceptans för de styrmedel som används idag.

Innehåll

1. Konceptuell analys	40
1.1 Konceptuell modell av problemet	40
1.2 Samhällsekonomisk problembeskrivning	42
1.3 Incitamentsstrukturer	43
1.4 Befintligt förvaltningssystem	44
2. Enskilda avlopp och miljöpolitiska utmaningar	47
2.1 Osäkerheter	47
2.2 Målkonflikter	48
2.3 Nationell rådighet.....	48
2.4 Vertikal och horisontell integrering	48
2.5 Trovärdighet och acceptans	49
3. Kostnadseffektiva åtgärder och styrmedel	50
3.1 Differentiering för ökad kostnadseffektivitet	50
3.2 Kompletterande styrmedel kan behövas	51
4. Referenser	52

1. Konceptuell analys

I detta avsnitt presenterar vi en så kallad konceptuell analys. Syftet med en sådan är att belysa en fråga utifrån ett helhetsperspektiv.

Först beskriver vi problemet i form av en händelsekedja som via de enskilda avloppen leder fram till den påverkan övergödningen har på den mänskliga välfärden. Därefter ger vi en samhällsekonomisk problembeskrivning. Fokus är på de marknadsmisslyckanden¹⁶ som gör att det behövs styrmedel för att nödvändig rening av avloppsvatten ska komma till stånd. Sedan beskriver vi rådande incitamentsstrukturer. Det är viktigt att förstå vilka incitament som relevanta aktörer kan ha i dagsläget, eftersom dessa har betydelse för var i händelsekedjan möjliga åtgärder och styrmedel är effektivast. Slutligen presenterar vi det befintliga förvaltningssystemet kopplat till frågan.

1.1 Konceptuell modell av problemet

Konceptuella modeller är grafiska framställningar av orsakssamband [1]. Syftet är att på ett förenklat sätt beskriva komplexa processer. DAPSIR¹⁷ är ett ramverk för konceptuella modeller som ofta används för att beskriva miljöproblem [2–9]. Detta ramverk utgår ifrån en händelsekedja bestående av fem steg: Olika *drivkrafter* leder till *aktiviteter* som orsakar någon form av *belastning* på miljön. Denna belastning resulterar i ett *miljötillstånd* som innebär en *påverkan* på mänsklig välfärd. Ramverket inkluderar även själva *förvaltningssystemet*, i form av institutioner, målformuleringar och styrmedel (se Figur 1).

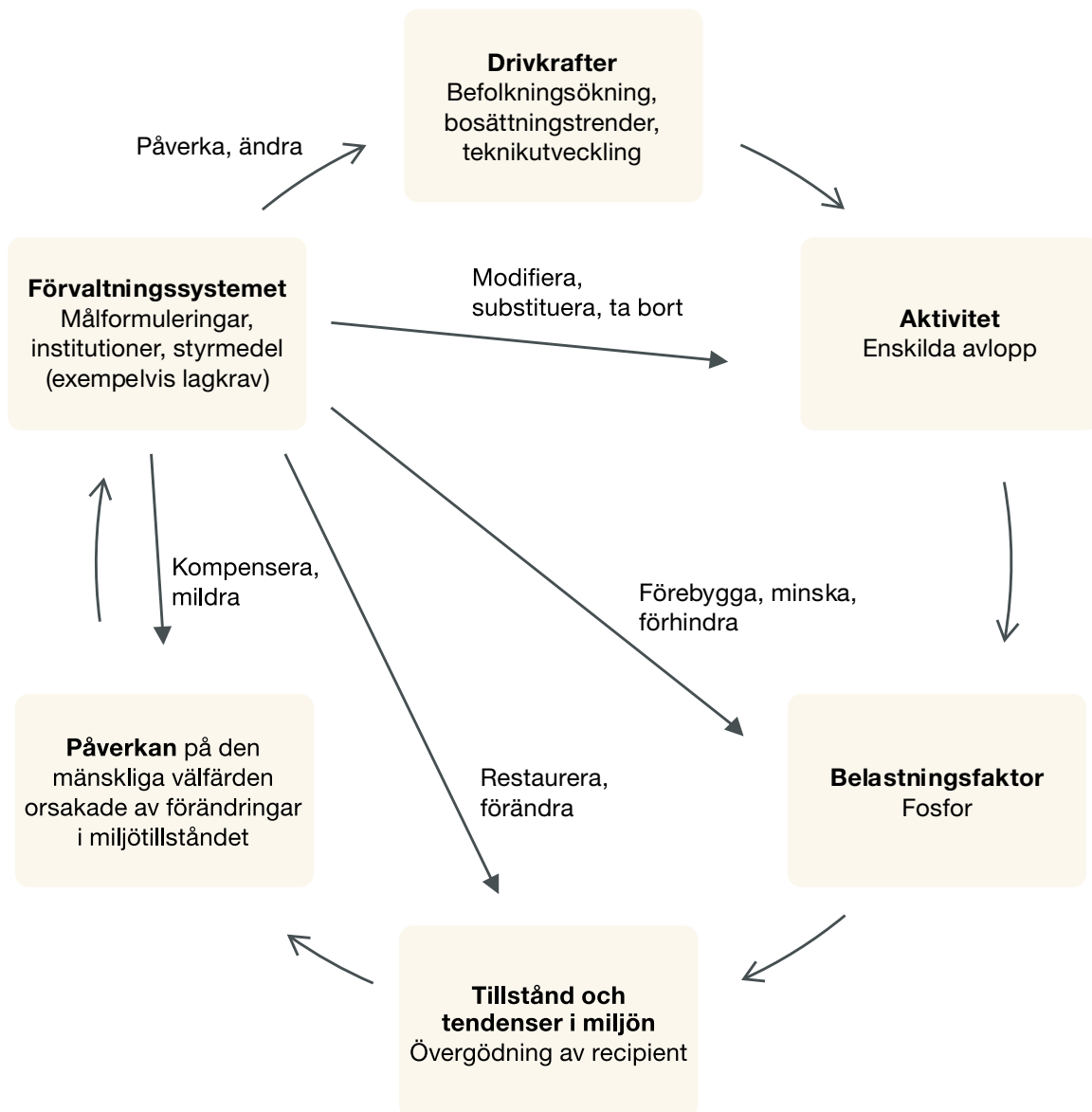
I fallet enskilda avlopp är drivkrafterna till exempel befolkningsökning, bosättningstrender, teknikutveckling och ändrade fritidsboendemönster. Dessa drivkrafter leder till hushåll som inte är anslutna till det kommunala avloppssystemet utan i stället nyttjar enskilda avloppsanläggningar. Nyttjandet av enskilda avloppsanläggningar kan ses som aktiviteten i sammanhanget. Cirka 700 000 fastigheter med vattentoalett är idag inte anslutna till det kommunala avloppsnätet. Av dessa saknar 20 procent godkänd rening¹⁸ och 10 procent har okänd rening [10]. Avloppsanläggningar som är gamla eller inte fungerar som de ska är en källa till belastningen av fosfor på recipienter. Anläggningar som inte uppfyller kraven innebär dessutom en risk för att smittämnen och andra oönskade substanser som finns i avloppsvattnet läcker ut i miljön.

Enligt beräkningar står de enskilda avloppsanläggningarna för en nästan lika stor andel av fosforbelastningen på haven (15 %) som de kommunala reningsverken (18 %), medan jordbruket står för runt hälften [11]. Det är dock svårt att med säkerhet fastställa hur mycket fosfor de enskilda avloppen bidrar med. Detta beror till viss del på svårigheten att skatta hur effektiv markretentionen av fosfor är.

16. Begreppet marknadsmisslyckande används för att beskriva situationer där aktörers enskilda beslut på marknaden inte leder till en effektiv resursfördelning.

17. DAPSIR står för Drivers, Activities, Pressures, State, Impact, Response.

18. Dessa 20 procent har enbart slamavskiljning. Att avloppsanläggningar ska ha längre gående rening än slamavskiljning har varit ett lagkrav sedan 1969.



Figur 1 Konceptuell modell av den händelsekedja som via enskilda avlopp leder till påverkan på den mänskliga välfärden. Det är i länken mellan aktiviteten och belastningsfaktorn som markretentionen har betydelse. Figuren är modifierad från [3].

Det är alltså i länken mellan aktiviteten enskilda avlopp och fosforbelastningen på recipienten som markretentionen av fosfor har betydelse (se Figur 1). Fosforbelastningen på recipienter orsakar miljötillståndet övergödning vilket i sin tur påverkar den mänskliga välfärden på en mängd olika sätt, till exempel i form av förlorade rekreativmöjligheter och minskade fiskfångster [12].

Förvaltningssystemets olika verktyg syftar till att minska denna negativa påverkan genom att gripa in i olika delar av händelsekedjan (Figur 1).

1.2 Samhällsekonomisk problembeskrivning

Aktörer i samhället (till exempel industri, hushåll och individer) vars handlingar påverkar miljön negativt behöver inte nödvändigtvis beakta vilka konsekvenser den försämrade miljön får för andra. De kan därför sakna incitament att minska sin miljöpåverkan. Detta innebär ett så kallat marknadsmisslyckande. Med andra ord leder i dessa fall marknadslösningen till en sämre miljö än vad som är samhällsekonomiskt optimalt. Då kan det vara nödvändigt med någon form av statlig intervention.¹⁹

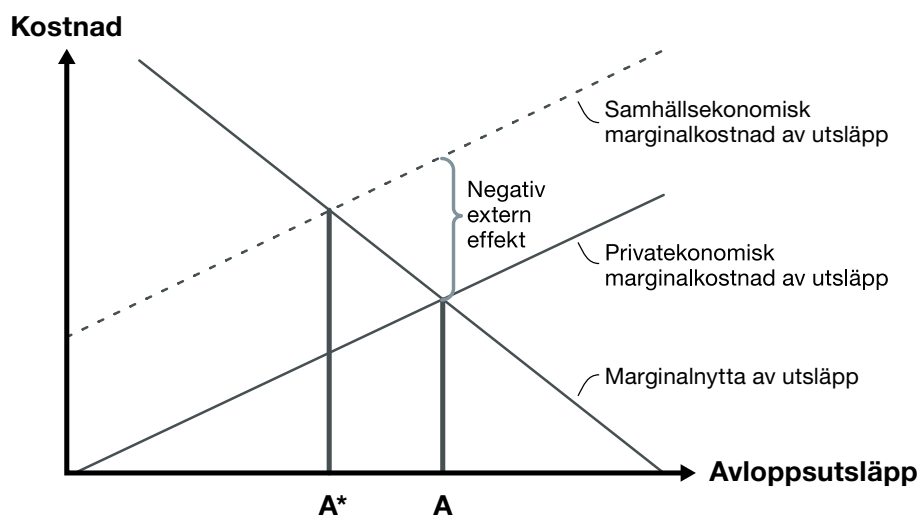
De negativa effekter som enskilda avlopp kan ha på sjöar, vattendrag och hav rör sig om ett sådant marknadsmisslyckande. Övergödningen och dess konsekvenser har ingen direkt påverkan på fastighetsägaren, utan är att betrakta som ”externa”. Därmed är det inte självklart att fastighetsägaren tar dessa effekter i beaktande i sitt beslut om att åtgärda sitt bristfälliga avlopp eller ej. De som orsakar belastningen betalar inte något för detta eftersom den inte är prissatt på någon marknad. Därför har inte heller fastighetsägaren några ekonomiska incitament att åtgärda sitt bristfälliga avlopp, utöver möjliga konsekvenser av att inte uppfylla lagkraven.

Eftersom de negativa effekterna är externa kommer den nivå på avloppsutsläpp som fastighetsägaren själv skulle välja utifrån sitt perspektiv generellt att ligga över den nivå som är samhällsekonomiskt optimal (se Figur 2). Detta innebär att en statlig intervention som leder till en reningsgrad som överensstämmer med den samhällsekonomiskt optimala nivån kommer att generera en välfärdsvinst för samhället som helhet. Det är argumentet för befintliga regler och lagar gällande enskilda avlopp.

Hur stor den negativa externa effekten av utsläppen är (skillnaden mellan samhällets och den privata marginalkostnadskurvan²⁰) beror bland annat på markretentionen av fosfor mellan källa och recipient, total belastning på recipienten och recipientens buffringsförmåga. Detta påverkar nämligen övergödningen, och i förlängningen hur stor effekt övergödningen har på olika gemensamma nyttor, så som rekreationsmöjligheter och fiske.

19. Interventioner med syftet att styra mot miljöpolitiska mål motiveras utifrån ett effektivitetsperspektiv. De ska leda till en förbättrad resursfördelning, vilket innebär att de ska bidra till att den totala samhällsekonomiska välfärden i ett samhälle ökar.

20. Marginalkostnadskurvan indikerar kostnaden för ytterligare en enhet utsläpp från avlopp.



Figur 2 Negativa externa effekter av fosforbelastning från enskilda avlopp. A: den nivå på avloppsutsläpp som fastighetsägaren själv skulle välja utifrån sitt perspektiv. A*: den nivå som är samhällsekonomiskt optimal. Vid A* är samhällets marginalkostnad av minskade avloppsutsläpp lika med den privata marginalnyttan.

Att åtgärda sitt bristfälliga avlopp kan förstås också medföra privata nyttor för en fastighetsägare. Det kan till exempel handla om att man uppskattar de rekreativmöjligheter som icke övergödda sjöar och hav kan erbjuda. Det kan också handla om att man ser ett värde i att bidra till en bättre miljö. Ytterligare en aspekt är att dricksvatten eller badvatten inte blir förorenade, men då är det inte fosfor som är problemet. Att fastighetsägare ser de privata nyttorna kommer dock inte nödvändigtvis att leda till att den för samhället optimala nivån uppnås, eftersom den privata nyttan sällan är tillräckligt stor för att så ska ske. Dessutom är hushållens diskonteringsränta²¹ med största sannolikhet större än samhällets. Det betyder att fastighetsägarna värderar framtida nyttor av rening lägre än samhället gör.

Om hushållen inte är medvetna om den privatnytta som rening av fosfor genererar råder ett informationsmisslyckande. För att en marknad ska fungera effektivt krävs att alla aktörer har den kunskap som behövs för att kunna fatta välavvägda beslut. Olika typer av informationsproblem bidrar ofta till marknadsmisslyckanden [13].

1.3 Incitamentsstrukturer

Det är viktigt att förstå vilka incitament som berörda aktörer kan ha, eftersom dessa har betydelse för var i händelsekedjan potentiella åtgärder och styrmedel är som effektivast.

Vad gäller enskilda avloppsanläggningar är den direkta aktören fastighetsägaren. Fastighetsägaren är enligt lag skyldig att se till att avloppsanläggningen har godkänd standard. För anläggningar med påkopplad vattentoilet innebär det längre gående rening än slamavskiljning. Fastighetsägaren ansvarar också för att anläggningen fungerar som avsett. Att åtgärda sitt avlopp så att det uppfyller grundkraven på rening kan innebära en kostnad om mellan 100 000 och drygt 200 000 kronor [14]. Dessutom tillkommer en avgift som fastighetsägaren måste betala när hen ansöker om tillstånd för att uppgradera sitt avlopp. Fastighetsägarens incitament att göra denna investering påverkas av flera

21. Det vill säga hur framtida kostnader och nyttor diskonteras till vad de är värda idag.

saker. Förmågan att själv bära kostnaden är av betydelse, eftersom ägare med större ekonomiska resurser påverkas mindre på marginalen av utgifterna än mindre bemedlade. Fastighetens värde är också av betydelse eftersom investeringen är mindre, relativt sett, för en fastighet med högt värde. Annat som spelar roll är till exempel om fastighetsägaren har möjlighet att överföra kostnader till gäster som hyr fastigheten när fastighetsägaren inte utnyttjar den själv.

Kostnaden upplevs dock inte sällan som orättvis och i vissa fall orimlig. Upplevelsen av orättvisa motiveras ofta utifrån att enskilda avlopp utgör en relativt liten källa till fosfor i jämförelse med jordbruket, och att jordbrukets åtgärder för att minska fosforutsläppen i hög utsträckning finansieras genom statliga bidrag. Dessutom är befintligt regelverk i viss mån öppet för tolkningar vilket kan leda till att olika bedömningar görs i likartade fall, till exempel i olika kommuner. Också detta kan förstås uppfattas som orättvist. Detta påverkar förmodligen viljan att acceptera kraven.

Det finns också ett antal möjliga incitament för en fastighetsägare att på eget initiativ minska utsläppen från sin avloppsanläggning. Fastighetsägaren kan, som beskrevs ovan, uppskatta ett gott miljötillstånd i närliggande sjöar, vattendrag och hav. Att åtgärda avloppsanläggningen kan också öka värdet på fastigheten. Enligt Havs- och vattenmyndigheten, HaV, visar dock forskning att fastighetsägare ofta saknar incitament att på eget bevåg åtgärda sina avlopp i enlighet med rådande krav [15]. Det som leder till att så sker är kommunernas tillsyn, inklusive föreläggande om åtgärder när så behövs.

Fastighetsägarnas incitament att uppfylla kraven är ofta en funktion av den ekonomiska vinsten av att inte göra det (det vill säga besparade investeringskostnader), sannolikheten för att bli upptäckt (tillsynsgraden) och konsekvensen vid upptäckt (vite).

Eftersom investeringen är kostsam och sannolikheten för upptäckt låg är fastighetsägarnas incitament att uppfylla kraven ofta svaga. Kommunerna, som är ansvariga för tillsynen, kan i sin tur ha svaga incitament att utöva tillsyn eftersom det ofta leder till stora protester.

1.4 Befintligt förvaltningssystem

Det befintliga förvaltningssystemet kopplat till enskilda avlopp omfattar en mängd olika mål och styrmedel. Nedan beskrivs kortfattat de delar som är av störst betydelse för frågan.

1.4.1 Miljömål

Att avloppsvatten renas på tillbörligt sätt har betydelse för flera av de svenska miljökvalitetsmålen. Det mest relevanta målet är *Ingen övergödning*, men minskade utsläpp från enskilda avlopp har också betydelse för att uppnå målen *Grundvatten av god kvalitet* samt *Hav i balans samt levande kust och skärgård*. Vad gäller *Ingen övergödning* har regeringen fastställt följande preciseringar [10]:

- Den svenska och den sammanlagda tillförseln av kväveföreningar och fosforföreningar till Sveriges omgivande hav underskrider den maximala belastning som fastställs inom ramen för internationella överenskommelser (Baltic Sea Action Plan, BSAP).
- Havet har minst god miljöstatus med avseende på övergödning enligt havsmiljöförordningen (2010:134).

- Sjöar, vattendrag, kustvatten och grundvatten uppnår minst god status för näringsämnen enligt förordningen (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön.

1.4.2 Baltic Sea Action Plan

År 2007 antog Sverige tillsammans med övriga Östersjöländer en plan för att återställa god ekologisk status i Östersjön till år 2021, Baltic Sea Action Plan, BSAP. Ett av målen var att minska övergödningen. År 2013 enades länderna om belastningstak, det vill säga högsta tillåtna nivåer av kväve- och fosfortillförsel. För Sveriges del innebär åtagandet enligt den senaste uppdateringen att landets totala fosforbelastning på Östersjön inte får överstiga 3132 ton per år. Enligt de senaste belastningsberäkningarna innebär detta att Sveriges årliga fosfortillförsel till Östersjön behöver minska med ca 600 ton [16].

1.4.3 EU-direktiv

De för enskilda avlopp relevanta EU-direktiven är vattendirektivet (2000/60/EG), nitratdirektivet (91/676/EEG), avloppsdirektivet (91/271/EEG) och det marina direktivet (2008/56/EG). Dessa direktiv är införlivade i svensk miljölagstiftning genom bland annat vattenförvaltningsförordningen (SFS 2004:660), havsmiljöförordningen (SFS 2010:1341) och miljöbalken (SFS 1998:808). Nitratdirektivet kopplar också till fosforfrågan, eftersom det i känsliga områden kan krävas uppgradering av enskilda avlopp i syfte att begränsa utsläppen av kväve, vilket också kan minska utsläppen av fosfor.

1.4.4 Svenska styrmedel

Det finns en mängd olika styrmedel som syftar till att minska utsläppen från enskilda avlopp för att uppnå de ovan nämnda miljömålen, och också hälsomål. Det är möjligt att det egentligen finns tillräckligt med styrmedel för att få till stånd den fosforrening som behövs, men att brist på information, efterlevnad eller tillsyn gör att den önskade reningsnivån inte uppnås. Det kan också vara så att själva nivån på styrmedlet (till exempel reningskravet) inte är tillräckligt hög för att uppnå den samhällsekonomiskt optimala reningsnivån.

Enskilda avlopp regleras huvudsakligen genom 2 och 9 kap. miljöbalken (1998:808) och av 12–20 §§ FMH, förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (1998:899). Miljöbalken ställer bland annat krav på att den som bedriver en verksamhet ska känna till de risker för miljön och människors hälsa som verksamheten kan tänkas orsaka, samt vidta rimliga skyddsåtgärder och försiktighetsmått. Enligt 9 kap. 7§ i miljöbalken ska avloppsvatten avledas och renas så att inte olägenhet för människors hälsa eller miljön uppkommer. I 12§ FMH finns därutöver en specialbestämmelse som anger att det är förbjudet att i vattenområde släppa ut avloppsvatten från vattentoalett eller tätbebyggelse, om avloppsvattnet inte har genomgått längre gående rening än slamavskiljning. Detta gäller dock inte om det är uppenbart att sådant utsläpp kan göras utan risk för olägenhet för människors hälsa eller miljön.

Kommunerna ansvarar för prövning och tillsyn av små avloppsanläggningar. Länsstyrelserna har ett generellt ansvar för tillsynsvägledningen till kommunerna i länet. Kommunerna och länsstyrelserna vägleds av HaV:s allmänna råd (HVMFS 2016:17). De råd som återfinns där kan

betraktas som informativa styrmedel eftersom de inte är juridiskt bindande. De är också i viss mån öppna för tolkning. Detta har enligt HaV lett till bristande samsyn kommunerna emellan, vilket i sin tur har lett till minskad rättssäkerhet [17]. För att minska detta problem har HaV också tagit fram webbaserade vägledningar för prövning och tillsyn av små avlopp, som uppdateras kontinuerligt [18].²²

Vissa styrmedel har indirekt koppling till enskilda avlopp, till exempel förbud mot fosfor i tvättmedel. Det finns också styrmedel som riktar sig mot andra reningsåtgärder, till exempel stöd för våtmarker (LONA²³, LOVA²⁴ och EU:s jordbruksstöd). Vidare finns styrmedel som fokuserar på andra delar av händelsekedjan, till exempel åtgärder som minskar belastningens effekter på miljötillståndet, så som algskörd eller reduktionsfiske.

22. Vägledningarna för prövning och tillsyn samt ett GIS-stöd (se nedan) har lett till att problemet med olika bedömningar i likartade fall har minskat (personlig kommunikation med B Aronsson Forsberg, HaV).

23. Lokala naturvårdssatsningen (LONA) är ett bidrag som ska stimulera kommuners och ideella föreningars långsiktiga naturvårdsgemenskap.

24. Lokala vattenvårdsprojekt (LOVA) är ett bidrag för lokala åtgärder med syftet att förbättra havs- och vattenmiljön.

2. Enskilda avlopp och miljöpolitiska utmaningar

Fem typer av utmaningar kan påverka möjligheten för den nationella miljöpolitiken att nå satta miljömål: 1) osäkerheter, 2) målkonflikter, 3) bristande nationell rådighet, 4) bristande vertikal eller horisontell integrering, och 5) bristande trovärdighet och acceptans [19]. I detta avsnitt diskuteras dessa fem miljöpolitiska utmaningar med avseende på just enskilda avlopp.

2.1 Osäkerheter

En viktig osäkerhet rör hur mycket den fosfor som släpps ut från enskilda avlopp faktiskt bidrar till fosforbelastningen på recipienter. Denna osäkerhet beror delvis på att det inte är känt hur effektiv markretentionen av fosfor är. Osäkerheten kvarstår eftersom det inte är möjligt att ta fram generellt gällande kvantitativa mått på markretentionen baserat på den forskning som finns. Detta visades i den systematiska kartläggningen som presenteras i del ett av denna rapport. Att det inte går att fastställa hur effektiv markretentionen är gör det svårt att bedöma hur kostnadseffektiv fosforrening i enskilda avlopp är i jämförelse med alternativa åtgärder (till exempel våtmarker eller reningsverk), eftersom en beräkning av kostnadseffektiviteten förutsätter att man kan bedöma belastningen på recipienten.

Det finns också osäkerheter kring hur effektiv olika reningsteknologier är vad beträffar fosfor, och hur länge markbaserade system har kvar sin fosforreningsförmåga [20]. Detta innebär att det kan vara svårt att bedöma vilken effekt en uppgradering av enskilda avlopp har på fosforbelastningen, och hur länge den består. Det innebär också att effekterna på recipienten i vissa fall skulle vara svårbedömda, även om det vore som så att markretentionen hade kunnat kvantifieras.

Vidare är det svårt att bedöma hur mycket den totala uppgraderingskostnaden skulle minska om man tog bort kravet på fosforrening och enbart behöll kraven på BOD²⁵-, smitt- eller kväverening. Detta eftersom kostnaden varierar. Den beror bland annat på utgångsläget - om en helt ny anläggning behöver anläggas eller om det går att komplettera befintlig anläggning - samt vilka krav för fosforrening som gäller i det specifika fallet.

Osäkerheter av en annan karaktär gäller de lagar och regler som handlar om enskilda avlopp. Dagens regelverk är gammalt och regler och bestämmelser måste sökas på flera ställen. De upplevs dessutom ofta som otydliga av tillstånds- och tillsynsmyndigheterna [20]. Det gäller till exempel 12 § FMH, enligt vilken det är förbjudet att i vattenområde släppa ut avloppsvatten från vattentoalett eller tätbebyggelse, om avloppsvattnet inte har genomgått längre gående rening än slamavskiljning. Såväl ”tätbebyggelse” som ”vattenområde” kan tolkas olika [20].²⁶ Att regelverket är splittrat och öppet för tolkningar gynnar inte en samsyn mellan kommunerna [17].

25. Biokemisk syreförbrukning (Biochemical Oxygen Demand) är ett mått på vattnets innehåll av syreförbrukande organiskt material.

26. Vägledning kring dessa begrepp finns på HaV:s webbplats [18].

2.2 Målkonflikter

Målkonflikter uppstår då uppfyllandet av ett mål innebär försämrade möjligheter att uppnå andra mål. Målkonflikter orsakas oftast av att specifika åtgärder eller styrmedel som syftar till att uppnå ett visst miljömål har oönskade effekter på andra områden. Då kan man behöva överväga alternativa åtgärder eller styrmedel. Om inga alternativa åtgärder eller styrmedel är möjliga kan det vara nödvändigt att prioritera mellan olika miljö- och samhällsmål.

Att åtgärda bristfälliga enskilda avlopp med avseende på fosforrening påverkar inte möjligheten att uppnå något annat miljö kvalitetsmål negativt. Det kan dock råda en konflikt med samhällsmålet *En livskraftig landsbygd* eftersom kostnaderna för att åtgärda enskilda avlopp kan göra boendet på landsbygden dyrare.

2.3 Nationell rådighet

Med nationell rådighet menas att man inom landets förvaltning kan besluta om de styrmedel och åtgärder som behövs, samt avsätta resurser för att undanröja de hinder som finns för att ett visst mål ska kunna nå [21]. Rådigheten beror såväl på vilket system som ska förvaltas (till exempel klimatet, haven eller skogen) som på själva förvaltningssystemet (till exempel svenska lagar, EU-direktiv och internationella överenskommelser).

Vad gäller möjligheten att förbättra de svenska enskilda avloppen råder stor nationell rådighet. De åtgärder som behövs kan komma till stånd genom nationella styrmedel. Sverige är alltså inte beroende av andra länders agerande i denna fråga. I valet av styrmedel kan dock den nationella rådigheten vara begränsad eftersom styrmedlen behöver vara förenliga med internationella överenskommelser och EU-direktiv.

Vad gäller att begränsa fosforbelastningens övergödningseffekter på olika recipienter varierar rådigheten. För svenska insjöar, vattendrag och vissa kustområden är rådigheten stor, men för Östersjön, Skagerrak och Västerhavet är den begränsad. För att uppnå miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning* i dessa vatten krävs samarbete med länderna inom Helcom²⁷ och med länderna inom Ospar²⁸.

2.4 Vertikal och horisontell integrering

För att hantera målkonflikter eller begränsad nationell rådighet är det viktigt att miljöpolitiken är väl integrerad [19,22]. Man talar om horisontell respektive vertikal integrering.

Horisontell integrering handlar om hur väl olika delar av miljöpolitiken samverkar. En horisontell integrering av förvaltningssystemet är nödvändig då det finns beroendesamband och målkonflikter. Att förbättra enskilda avlopp för att begränsa övergödningen innebär dock inga tydliga målkonflikter med andra miljö- eller samhällsmål, varför den horisontella integreringen är mindre relevant i detta sammanhang.

27. Helsinki Commission.

28. Oslo and Paris Conventions.

Vertikal integrering handlar om hur samstämmiga olika delar av förvaltningssystemet är över olika administrativa skalor, det vill säga nationellt, regionalt och globalt. En miljöpolitik vars styrmedel ligger i linje över de olika geografiska förvaltningsinstitutionerna är alltså att betrakta som vertikalt integrerad. Vertikal integrering är av stor betydelse för ett effektivt förvaltningssystem. Vad gäller enskilda avlopp måste det svenska regelverket förhålla sig till såväl nationella som regionala (EU) och internationella lagar och överenskommelser. De för enskilda avlopp relevanta EU-direktiven är vattendirektivet (2000/60/EG), nitratdirektivet (91/676/EEG)²⁹ och avloppsdirektivet (91/271/EEG). Dessa direktiv är införlivade i svensk miljölagstiftning genom bland annat vattenförvaltningsförordningen (SFS 2004:660) och miljöbalken (SFS 1998:808). Detta innebär en hög grad av vertikal integrering, vilket ökar möjligheten att nå de uppsatta målen.

2.5 Trovärdighet och acceptans

En miljöpolitik som upplevs som trovärdig innebär i allmänhet att acceptansen för de åtgärder och styrmedel som politiken förespråkar är större än om så inte är fallet. Detta, i sin tur, underlättar genomförandet av de åtgärder som krävs för att nå de satta miljömålen. Acceptansen för åtgärder och styrmedel är dock också ofta beroende av vilka aktörer i samhället som bär kostnaderna, samt i vilken grad dessa upplever någon egennyta av åtgärdens effekter.

Miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning* är, liksom övriga miljö kvalitetsmål, beslutat av riksdagen och har därmed ett brett politiskt stöd. Detta har betydelse för såväl tilltron till som acceptansen för själva målet. Det betyder dock inte nödvändigtvis att acceptansen för de åtgärder och styrmedel som krävs för att uppnå målet är hög. Det finns ofta ett starkt allmänt stöd för att minska en negativ miljö påverkan men oenighet kring vilka åtgärder och styrmedel som lämpar sig bäst för att så ska ske.

Acceptansen för befintliga regler och lagar gällande enskilda avlopp är förhållandevis låg bland berörda fastighetsägare. Det beror på att det ofta är dyrt att åtgärda ett avlopp. Detta samtidigt som åtgärder inom jordbruket, som utgör den största källan till fosforbelastningen, i stor utsträckning subventioneras genom bidrag från staten och EU. Något som förmodligen också påverkar acceptansen är att regelverket kan tolkas olika i olika kommuner och/eller av olika handläggare, vilket gör att systemet kan upplevas som rättsosäkert och orättvist. Vidare gör en utbredd föreställning om att markretentionen av fosfor är mycket effektiv att acceptansen för styrmedel som syftar till att enskilda avlopp förbättras med avseende på fosforrening är låg.

29. Denna är dock inte av direkt betydelse för fosfor eftersom den riktar in sig på kvävet negativa effekter.

3. Kostnadseffektiva åtgärder och styrmedel

Ju effektivare markretentionen av fosfor är desto mindre fosfor når recipienten per tidsenhet och desto mindre kan den därmed påverka vattenmiljön, åtminstone på kort sikt. Markretentionen innebär dock inte att fosfor försvinner från den naturliga fosforcykeln. I princip all fosfor som släpps ut når i sinom tid en recipient. På lång sikt kommer det därför att vara nödvändigt att minska fosforutsläppen från de källor som står för införseln av fosfor till systemet [23]. För att målet *Ingen övergödning* och Sveriges fosforminskningensbeting inom BSAP ska kunna uppnås till lägsta möjliga kostnad kommer åtgärder riktade mot flertalet källor (inte enbart de enskilda avloppen) att krävas.

3.1 Differentiering för ökad kostnadseffektivitet

En åtgärd som syftar till att minska fosforbelastningen på sjöar, vattendrag och hav kan vara kostnadseffektiv även om den har förhållandevis liten effekt. Det är nämligen kostnad per effekt av åtgärden i jämförelse med alternativa åtgärder som är relevant. En åtgärd med liten effekt men låg kostnad kan ha en lägre kostnad per effekt (till exempel kr per kg minskad fosfortillförsel till recipient) än en åtgärd med stor effekt men hög kostnad. Styrmedel som inte tar hänsyn till kostnaden med avseende på effekten på recipienten kan leda till en icke-kostnadseffektiv fördelning av åtgärder. Det innebär att ett specifikt mål för fosforbelastningsminskning till en recipient skulle kunna uppnås till lägre samhällsekonomisk kostnad genom en annan åtgärds kombination. För att vara kostnadseffektiva behöver därför styrmedlen variera. Detta på grund av att skillnader i de platspecifika förhållandena gör att utsläppens effekt på olika recipienter varierar. I detta sammanhang vore forskningsbaserade schablonvärden för markretentionen, kopplade till olika marktyper, värdefulla, men sådana är alltså inte möjliga att ta fram baserat på befintlig forskning.

HaV presenterade 2016 ett författningsförslag för små avloppsanläggningar med syftet ”att samla och förtydliga regelverket kring små avlopp för att minska oklarheter i tillämpningen, öka rättssäkerheten, samsynen och effektiviteten i kommunernas arbete med prövning och tillsyn” [17]. En högre grad av differentiering av reningskraven på enskilda avlopp föreslogs i rapporten. Målet var just att man vid bedömning ska ta hänsyn till effekterna av fosforbelastningen på recipienterna. Avlopp vars utsläpp har mindre effekt på recipienter skulle åläggas mindre stränga krav på reningsteknik än de vars effekt är större. På så vis skulle de aktuella miljömålen kunna nås på ett mer kostnadseffektivt sätt. Genom vägledning i sina allmänna råd har HaV de senaste åren öppnat för möjligheten till ytterligare differentiering av reningskraven [24].

I samband med författningsförslaget tog HaV fram ett GIS-stöd. Syftet med GIS-stödet var att skapa förutsättningar för en skälig, rättssäker och nationellt likriktad bedömning av skyddsnivå. Stödet utgörs av kartor som visar uppskattad risk för påverkan på recipient till följd av fosforbelastning från ytterligare ett avlopp med normal skyddsnivå [25].

3.2 Kompletterande styrmedel kan behövas

De fördelningseffekter som drabbar fastighetsägare har bidragit till att åtgärdstakten av enskilda avlopp under lång tid har varit för låg. För att motverka detta kan ett kompletterande styrmedel, till exempel baserat på någon form av utsläppshandel, vara motiverat. Exakt hur ett sådant skulle utformas skulle behöva utredas vidare men olika varianter har tidigare föreslagits. Naturvårdsverket presenterade 2008 en modell [26]. Enligt denna skulle fastighetsägare, i stället för att investera i en uppgradering av det egna avloppet, kunna finansiera en kompensatorisk åtgärd som minskar fosforbelastningen på recipienten lika mycket men till en lägre kostnad.³⁰ Ett liknande system presenterades i en rapport som togs fram av ett konsortium lett av WSP, på uppdrag av HaV [29]. Uppdraget gick ut på att undersöka förutsättningarna för att införa ett handelssystem för övergödning i Östersjöregionen. Vidare har HaV föreslagit ett avgiftssystem riktat specifikt mot enskilda avlopp [20]. Det främsta syftet med denna modell skulle vara att ge fastighetsägare incitament att åtgärda sina bristfälliga avloppsanläggningar. Det skulle även innebära ökad kostnadseffektivitet. Modellen bygger på införandet av en årlig avgift för att få driva en avloppsanläggning. Avgiftsintäkterna skulle sedan användas för att finansiera bidrag till fastighetsägare för åtgärdande av bristfälliga anläggningar.

Det finns utmaningar med att inkludera enskilda avlopp i styrmedel av detta slag. Utmaningarna gäller till exempel svårigheten att bedöma varje enskilt avlopps effekt på recipienten, samt svårigheten att bedöma hur effektiv den befintliga reningstekniken är för varje specifik fastighet. Detta gäller dock strängt taget även det befintliga styrmedlet i form av regler och lagar.

Man måste dock också beakta att rening av avloppsvatten sker också av andra skäl än för att reducera fosforhalten. Längre gående rening än slamavskiljning för avlopp med påkopplad vattentoalett skulle fortfarande vara ett lagkrav. Därför är det oklart hur många fastighetsägare som i praktiken skulle gynnas av ett utsläppshandels- eller avgiftssystem.

30. Rapporten följdes upp av två rapporter [26, 27] i vilket förslaget utvecklades. Naturvårdsverket identifierade då svårigheter med att inkludera enskilda avlopp i avgiftssystemet [26].

4. Referenser

- [1] Fischenich C. The application of conceptual models to ecosystem restoration. Vicksburg: U.S. Army. Engineer Research and Development Center; 2008.
- [2] Cooper P. Socio-ecological accounting: DPSWR, a modified DPSIR framework, and its application to marine ecosystems. *Ecol Econ.* 2013;94:106–15.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.07.010>.
- [3] Elliott M, Burdon D, Atkins JP, Borja A, Cormier R, de Jonge VN, et al. “And DPSIR begat DAPSI(W)R(M)!” - A unifying framework for marine environmental management. *Mar Pollut Bull.* 2017;118:27–40. <https://doi.org/10.1016/j.marpollbul.2017.03.049>.
- [4] Gregory AJ, Atkins JP, Burdon D, Elliott M. A problem structuring method for ecosystem-based management: The DPSIR modelling process. *Eur J Oper Res.* 2013;234:558–69.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.11.020>.
- [5] Organisation for Economic Co-operation and Development. OECD core set of indicators for environmental performance reviews: A synthesis report by the Group on the State of the Environment. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 1993.
- [6] Scharin H, Ericsson S, Elliott M, Turner RK, Niiranen S, Blenckner T, et al. Processes for the sustainable stewardship of marine environments. *Ecol Econ.* 2016;128:55–67.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.04.010>.
- [7] European Environment Agency. Environmental indicators: Typology and overview. Köpenhamn: European Environment Agency (EEA); 1999.
- [8] Turner RK, Lorenzoni I, Beaumont N, Bateman IJ, Langford IH, McDonald AL. Coastal Management for Sustainable Development: Analysing Environmental and Socio-Economic Changes on the UK Coast. *Geogr J.* 1998;164:269–81. <http://dx.doi.org/10.2307/3060616>.
- [9] Zhou G, Singh J, Wu J, Sinha R, Laurenti R, Frostell B. Evaluating low-carbon city initiatives from the DPSIR framework perspective. *Habitat Int.* 2015;50:289–99.
<https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.09.001>.
- [10] Havs- och vattenmyndigheten. Ingen övergödning: Fördjupad utvärdering av miljö kvalitetsmålen 2023. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten; 2022. Rapport 2022:16.
- [11] Hansson K, Ejhed H, Widén-Nilsson E, Johnsson H, Tengdelius Brunell J, Gustavsson H, et al. Näringsbelastningen på Östersjön och Västerhavet 2017: Sveriges underlag till HELCOM:s sjunde Pollution Load Compilation [Internet]. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten; 2019. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019:20. Hämtad från: <https://www.havochvatten.se/data-kartor-och-rapporter/rapporter-och-andra-publikationer/publikationer/2020-03-06-naringsbelastningen-pa-ostersjon-och-vasterhavet-2017.html>.
- [12] Havs- och vattenmyndigheten. Baltic Sea – Our Common Treasure: Economics of Saving the Sea. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten; 2013. Rapport 2013:14.

- [13] Goulder LH, Parry IWH. Instrument choice in environmental policy. *Rev Environ Econ Policy*. 2008;2:152–74. <https://doi.org/10.1093/reep/ren005>.
- [14] Havs- och vattenmyndigheten. Konsekvensutredning av förslag på nya regler för små avloppsanläggningar. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten; 2016. Havs- och vattenmyndighetens rapportering 2016-10-31.
- [15] Havs- och vattenmyndigheten. Vägledning och exempel för effektiv tillsyn av små avlopp. Göteborg: 2015. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2015:1.
- [16] HELCOM. 2021. The Revised Nutrient Input Ceilings to the BSAP update. Helsingfors: HELCOM; 2021.
- [17] Havs- och vattenmyndigheten. Tydligare regler för små avloppsanläggningar: Författningsförslag för avloppsanläggningar upp till 200 pe. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten; 2016. Havs- och vattenmyndighetens rapportering 2016-09-09.
- [18] Havs- och vattenmyndigheten. Vägledningar för provning och tillsyn av små avlopp [Internet]. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten. Hämtad från: <https://www.havochvatten.se/avlopp-och-dricksvatten/sma-avloppsanlaggningar/vagledningar-for-provning-och-tillsyn-av-sma-avlopp.html>.
- [19] Scharin H. Samhällsekonomiska analysers roll i miljömålsarbetet. Stockholm: Anthesis; 2018. Rapport 2018:12.
- [20] Havs- och vattenmyndigheten. Styrmedel för en hållbar åtgärdstakt av små avloppsanläggningar: Slutrapportering av regeringsuppdrag enskilda avlopp. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten; 2013. Havs- och vattenmyndighetens rapportering 2013-09-13.
- [21] Naturvårdsverket. Styrmedel för att nå miljökvalitetsmålen - En kartläggning. Stockholm: Naturvårdsverket; 2012. Rapport 6415.
- [22] Armitage D, Berkes F, Doubleday N. Adaptive co-management: collaboration, learning, and multi-level governance. Vancouver: UBC Press; 2010.
- [23] Naturvårdsverket. Hållbar återföring av fosfor: Naturvårdsverkets redovisning av ett uppdrag från regeringen. Stockholm: Naturvårdsverket; 2013. Rapport 6580.
- [24] Havs- och vattenmyndigheten. Skyddsnivåer och möjlighet att följa miljökvalitetsnormer (MKN) [Internet]. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten; 2019 [uppdaterad 2020-05-06; citerad 2023-04-28]. Hämtad från: <https://www.havochvatten.se/avlopp-och-dricksvatten/sma-avloppsanlaggningar/vagledningar-for-provning-och-tillsyn-av-sma-avlopp/vagledning-for-provning-av-sma-avlopp/processen-for-provning/bedomning/skyddsnivaer-och-mojlighet-att-folja-miljokvalitetsnormer-mkn.html>.
- [25] Havs- och vattenmyndigheten. GIS-stöd för provning av små avloppsanläggningar [Internet]. Göteborg: Havs och vattenmyndigheten; 2018 [uppdaterad 2019-01-31; citerad 2023-06-01]. Hämtad från: <https://www.havochvatten.se/avlopp-och-dricksvatten/sma-avloppsanlaggningar/vagledningar-for-provning-och-tillsyn-av-sma-avlopp/gis-stod-for-provning-av-sma-avloppsanlaggningar.html>.

[26] Naturvårdsverket. Förslag till avgiftssystem för kväve och fosfor. Stockholm: Naturvårdsverket; 2008. Rapport 5913.

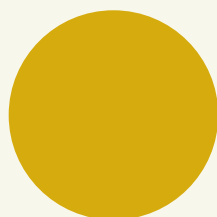
[27] Naturvårdsverket. Vidareutveckling av förslag till avgiftssystem för kväve och fosfor. Stockholm: Naturvårdsverket; 2010. Rapport 6345.

[28] Naturvårdsverket. Styrmedel för ökad rening från kommunala reningsverk: För genomförande av aktionsplanen för Östersjön och Kattegatt samt miljö kvalitetsnormer för kväve och fosfor. Stockholm: Naturvårdsverket; 2012. Rapport 6521.

[29] WSP Sweden. A nutrient trading system for the Baltic Sea Region [Internet]. Stockholm: WSP Sweden; 2021. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25065.42084>.

Del 3

Avslutande diskussion



Avslutande diskussion

Frågan om vilka krav som ska ställas på enskilda avlopp har debatterats i många år. Åtskilliga är berättelserna om fastighetsägare som drabbats på ett till synes orimligt sätt. Att åtgärda en undermålig avloppsanläggning kan kosta mer än vad själva fastigheten är värd. I värsta fall kan människor tvingas lämna sina hem på grund av att man inte har råd med de åtgärder som krävs.

Miljöpolitiken har som syfte att åstadkomma en mer effektiv användning av samhällets resurser. De åtgärder och styrmedel som behövs för att uppnå detta kan dock innebära att nyttor och kostnader fördelas olika mellan olika samhällsgrupper. Dessa fördelningseffekter kan upplevas som orättvisa, vilket i hög grad gäller just enskilda avlopp. Syftet med de krav som ställs på enskilda avlopp är att uppnå en för samhället optimal reningsnivå, men kostnaden för detta faller helt och hållet på fastighetsägarna.

Det är i detta sammanhang kontroversen kring markretentionens betydelse har uppstått. I debatten framförs ofta argumentet att om marken tar hand om fosfor på ett effektivt sätt så borde man inte behöva ställa så höga krav på själva anläggningarna vad beträffar fosforrening. Det vore alltså önskvärt med ett mått på retentionen. Detta var skälet till att Rådet för evidensbaserad miljöanalys fattade beslutet att Formas skulle ta fram en forskningssammanställning om markretentionen av fosfor från enskilda avlopp. När så skedde väcktes hopp, av olika skäl hos olika aktörer. HaV hoppades på vetenskapligt grundade schablonvärden på markretentionen för att kunna ge bättre vägledning åt länsstyrelser och kommuner. SMED hoppades också på vetenskapligt grundade schablonvärden, för att bättre kunna beräkna fosforbelastningen från enskilda avlopp på havet. Miljöinspektörer hoppades på mer handfasta verktyg att använda i sitt dagliga tillsynsarbete. Många fastighetsägare, sist men inte minst, hoppades att vi skulle komma fram till att markretentionen är så pass effektiv att kraven på anläggningarna skulle kunna sänkas.

Svaret som vi nu levererar innebär att få förhoppningar infrias. Forskningen kan inte ge någon tydlig vägledning i frågan. Vi anser dock att detta är ett viktigt svar i sig, inte minst med tanke på den framträdande roll markretentionen har fått i debatten. Dessutom har vi kunnat identifiera vilken forskning som skulle behövas för att föra frågan ett steg framåt. Miljöpolitiska beslut måste dock fattas även i väntan på mer klagörande forskning. Vi vill därför ta tillfället i akt och belysa en del observationer som vi har gjort under arbetet med projektet, och som kan vara av betydelse i ett beslutsfattarsammanhang.

För det första verkar det finnas en utbredd missuppfattning om att det bara är fosfor som är anledningen till att avloppsvatten måste renas. Kravet på rening syftar dock inte bara till att begränsa fosforbelastningen. Också smittämnen, kväve, syreförbrukande ämnen och kemikalier tas omhand i anläggningarna. Detta behov skulle kvarstå även om det vore som så att marken tog hand om all fosfor.

En annan missuppfattning är att markretentionen är så pass effektiv att fosfor överhuvudtaget inte är ett problem. Även om markretentionen har betydelse så belastar merparten av fosfor förr eller senare nedströms recipient. Det är därför förmodligen nödvändigt att minska fosforutsläppen från alla källor för att nå miljökvalitetsmålet *Ingen övergödning* och målen inom EU:s direktiv. EU:s direktiv begränsar i hög grad Sveriges möjligheter att minska kraven på de enskilda avloppen.

Ett problem är att det finns utrymme för tolkning av gällande regler och lagar. Detta är ett bekymmer av många skäl, inte bara på grund av att det skapar en rättsosäkerhet. Det kan också i förlängningen leda till minskat förtroende för myndigheter. Och det leder med största sannolikhet till minskad acceptans för de styrmedel som används idag. HaV:s relativt nyligen framtagna GIS-stöd kan förhoppningsvis leda till mer likvärdiga bedömningar av skyddsnivå, men det kan behövas fortsatta insatser för att öka samstämmigheten i bedömningarna mellan olika kommuner och mellan enskilda handläggare.

Eftersom det inte är tillåtet att genom statliga subventioner stödja insatser som syftar till att säkerställa att lagkrav uppnås finns inte möjligheten att erbjuda bidrag för att åtgärda bristfälliga avloppsanläggningar. För att minska kostnaderna för fastighetsägare skulle det därför behövas kompletterande styrmedel. Ett alternativ skulle kunna vara någon form av utsläppshandelssystem. Det finns onekligen utmaningar med att utforma sådana styrmedel så att de lämpar sig för enskilda avlopp. Vår uppfattning är dock att det skulle kunna vara motiverat att vidare utreda förutsättningarna för detta. Kostnadsbördan på fastighetsägarna skulle med ett sådant styrmedel åtminstone i vissa fall minska, liksom fosforbelastningen på recipienter. Dock – återigen – behovet av rening av avloppsvatten sker också av andra skäl än fosfor. Fosfor är bara ett av problemen.

Formas är ett statligt forskningsråd för hållbar utveckling. Vi finansierar forskning och innovation, utvecklar strategier, gör analyser och utvärderar. Våra verksamhetsområden finns inom miljö, areella näringar och samhällsbyggande. Vi genomför forskningssammanställningar som syftar till att underlätta för Sverige att nå våra miljömål. Därutöver kommunicerar vi om forskning och forskningsresultat.