



Föroreningskällor till sjön Anten

- En kartläggning och kvantifiering av kväve- och fosfortillförsel

Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad

MATHIAS ANDERSSON

FILIP BERGSTRÖM

JOHANNA MEDIN

ANIELKA SALINAS NIEDEBALSKE

Institutionen för Bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Vatten- och miljöteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2013
Kandidatarbete/rapport nr 2013:81

Föroreningskällor till sjön Anten

En kartläggning och kvantifiering av kväve- och fosfortillförsel

Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och Vattenbyggnad

MATHIAS ANDERSSON
FILIP BERGSTRÖM
JOHANNA MEDIN
ANIELKA SALINAS NIEDBALSKI

Institutionen för Bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Vatten- och miljöteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2013

Föroreningskällor till sjön Anten
En kartläggning och kvantifiering av kväve- och fosfortillförsel
Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och Vattenbyggnad
MATHIAS ANDERSSON
FILIP BERGSTRÖM
JOHANNA MEDIN
ANIELKA SALINAS NIEDEBALKI

© MATHIAS ANDERSSON, FILIP BERGSTRÖM, JOHANNA MEDIN, ANIELKA
SALINAS NIEDEBALKI, 2013

Kandidatarbete 2013:81
Institutionen för Bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Vatten- och miljöteknik
Chalmers Tekniska Högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon: +46 (0)31- 772 1000

Omslag:
Utsikt över sjön Anten

Institutionen för Bygg- och Miljöteknik
Göteborg, Sverige 2013

Förord

Detta arbete är en del av utbildningen vid civilingenjörsprogrammet Väg- och Vattenbyggnad på Chalmers Tekniska Högskola. Arbetet har initierats av Alingsås kommun i samarbete med Chalmers.

Alingsås kommuns miljöskyddskontor har tillhandahållit information och har varit till stor hjälp under arbetets gång. Vi vill tacka miljöskyddskontoret för deras engagemang och trevliga bemötande. Från Chalmers vill vi tacka Mona Pålsson och Oskar Modin för deras hjälp med genomförandet av våra laborationer och Lars-Ove Sörman för all hjälp med utrustning till våra fältundersökningar. Till sist vill vi rikta ett stort tack till vår handledare Thomas Pettersson, för stöd och värdefulla synpunkter under arbetets gång.

Sammanfattning

Sjön Anten i Alingsås kommun visar tydliga tecken på övergödning. Runt Anten finns tänkbara föroreningskällor så som enskilda avlopp, åkermark och ett avloppsreningsverk. Studien har kvantifierat utsläppen från de olika källorna genom vattenprovtagningar och mätningar av vattenflöden samt en teoretisk uppskattning. Från vattenprovtagningarna analyserades kväve- och fosforhalter, då dessa näringsämnen påverkar tillväxten i sjön. För att påvisa utsläpp från avlopp och stallgödsel användes *E. coli*-bakterier som indikator. Teoretiska uppskattningar ger en årsbelastning av kväve och fosfor från föroreningskällorna. Ur en litteraturstudie hämtades schablonvärden för läckagekoefficienter för fosfor och kväve från åkermark. Reningsgrader för enskilda avlopp hämtades från tidigare studier. Tillsammans med data från Alingsås kommun och avloppsreningsverket sammanställdes belastningen från de tre källorna. Vattenprovtagningar och flödesmätningar genomfördes vid två tillfällen i 14 provpunkter i Antens tillflöden. Vattenproverna analyserades och tillsammans med flödesmätningarna var det möjligt att göra en masstransportsberäkning.

Enligt de teoretiska uppskattningarna står enskilda avlopp och åkermark för ungefär 50 procent vardera av fosforutsläppen. Åkermark är den största utsläppskällan av kväve och står ungefär för 90 procent. Avloppsreningsverket orsakar endast en liten del av de totala kväve- och fosforföroreningarna. Enligt provtagningar bidrar Antens största tillflöde, Mellbyån, med den största masstransporten av fosfor och kväve. Vid provtagningarna var de uppmätta kväve- och fosforhalterna höga jämfört med tidigare mätningar. För att få masstransportsberäkningar som är rättvisande för hela året bör fler mätningar genomföras.

Abstract

In Alingsås municipality, the lake Anten shows indications of eutrophication. There are several potential sources of pollution in Antens surroundings, such as agricultural fields, private wastewater systems and a wastewater treatment plant. This study has quantified the emissions from the different sources of pollution by field studies and theoretical estimation. Nitrogen and phosphorus were analysed from water samples collected during the field studies. *E. coli*-bacteria were used to show fecal impact. Annual loadings of nitrogen and phosphorus by the different sources were given from theoretical estimations. Coefficients for leakage from agricultural fields and degrees of purification for private wastewater systems were chosen from a study of literature. Along with data from Alingsås municipality and the wastewater treatment plant, the total load was calculated for the three different sources. The field studies consisted of water sampling and flow measurement, and were executed at two different times at 14 different locations in the inflows of Anten. The water samples were analysed and along with flow measurements a mass transport calculation was performed.

According to the theoretical estimations, private wastewater systems and agricultural fields are the main polluters of phosphorus. Both sources are each responsible for about 50 percent of the total phosphorus load. Emissions of nitrogen from agricultural fields constitute almost 90 percent of the total load. The emissions from the wastewater treatment plant are insignificant compared to the other sources. According to the field studies, Mellbyån, which is the largest inflow to Anten, carries most of the pollutions of nitrogen and phosphorus to the lake. The measured amounts of both nitrogen and phosphorus were larger than in previous studies. In order to achieve more accurate mass transport calculations, more measurements need to be performed.

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1. Syfte	2
1.2. Områdesbeskrivning.....	2
2. Litteraturgenomgång.....	4
2.1. Sammanställning och analys av tidigare studier	4
2.2. Lagar och direktiv som skyddar Sveriges vatten	6
2.3. Kemiska processer kopplade till eutrofiering	8
2.4. Föroreningskällor	10
2.5. Åtgärder för att reducera utsläpp av fosfor och kväve	14
3. Metodik	16
3.1. Metodik för uppskattning av utsläpp från åkermark	16
3.2. Metodik för uppskattning av utsläpp från avloppsreningsverk.....	17
3.3. Metodik för uppskattning av utsläpp från enskilda avlopp.....	18
3.4. Fältundersökningsmetodik och massberäkningsmetodik	20
3.5. Metod för analys av vattenprover.....	23
4. Beräkningar och Resultat	24
4.1. Teoretisk uppskattning av utsläpp från åkermark	24
4.2. Utsläpp från avloppsreningsverket i Sollebrunn	25
4.3. Teoretisk uppskattning av utsläpp från enskilda avlopp.....	26
4.4. Totalt utsläpp till Anten baserat på teoretiska uppskattningar	28
4.5. Uppskattning av kväve- och fosforbelastning baserat på vattenprovtagningar och flödesmätningar	28
5. Analys och diskussion.....	34
5.1. Åkermark.....	34
5.2. Avloppsreningsverk	34
5.3. Enskilda avlopp.....	35
5.4. Fältundersökningar.....	35
5.5. Analys av resultat från fältundersökningar	36
5.6. Åtgärder.....	37
6. Slutsats	38
Källförteckning.....	39
Bilagor.....	42

1. Inledning

Genom tiderna har vattnet setts som en oändlig och oförstörbar resurs, men på senare tid har miljöproblem så som övergödning och försurning uppmärksammats. Utsläpp från olika föroreningskällor kan leda till försämrad vattenkvalitet i sjöar och hav. Exempelvis kan en ökad tillförsel av fosfor eller kväve orsaka övergödning. De största bidragande källorna till kväve- och fosforutsläppen i Sverige är framförallt jordbruk och trafik (Havs- och vattenmyndigheten, 2012). I insjöar är det oftast fosfor som bestämmer graden av övergödning. De hårdast drabbade sjöarna finns i södra Sverige, kring Mälardalen, i Östergötland och söder om Väneren.

Sveriges fosfor- och kväveutsläpp uppskattas på en nationell nivå genom olika inrättningar. Svenska MiljöEmissionsData, SMED är ett samarbete mellan bland annat SMHI (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut) och SLU (Sveriges lantbruksuniversitet). SMED arbetar med att ge expertstöd åt Naturvårdsverket (Blombäck et al., 2011). SMED:s rapporter tyder på att åkermark, kommunala avloppsreningsverk samt enskilda avlopp står för en betydande del av utsläppen av kväve och fosfor i Sverige (Ejhed et al., 2011).

Sjön Anten i Alingsås kommun är en av de sjöar i södra Sverige som hotas av övergödning (Vattenkartan, 2013). Den är idag en populär badplats och viktig för fiske och rekreation. Många undersökningar av vattenkvaliteten har gjorts i området. Havs- och vattenmyndigheten har bedömt att Antens vatten har en måttlig ekologisk status. Kväve- och fosforhalterna i sjön är för höga och sjöns ekosystem har ansetts vara i fara (Nyman, 1996). Alingsås kommun genomför två gånger per år vattenkvalitetsprovtagningar i några av Antens tillflöden. Dessa provtagningar kompletteras inte av några flödesmätningar, vilket gör att en kvantifiering av fosfor- och kvävetransporterna till sjön inte har kunnat utföras. SMHI har gjort simuleringar av utsläpp men har inte jämfört eller kalibrerat dessa med verkliga mätningar i området.

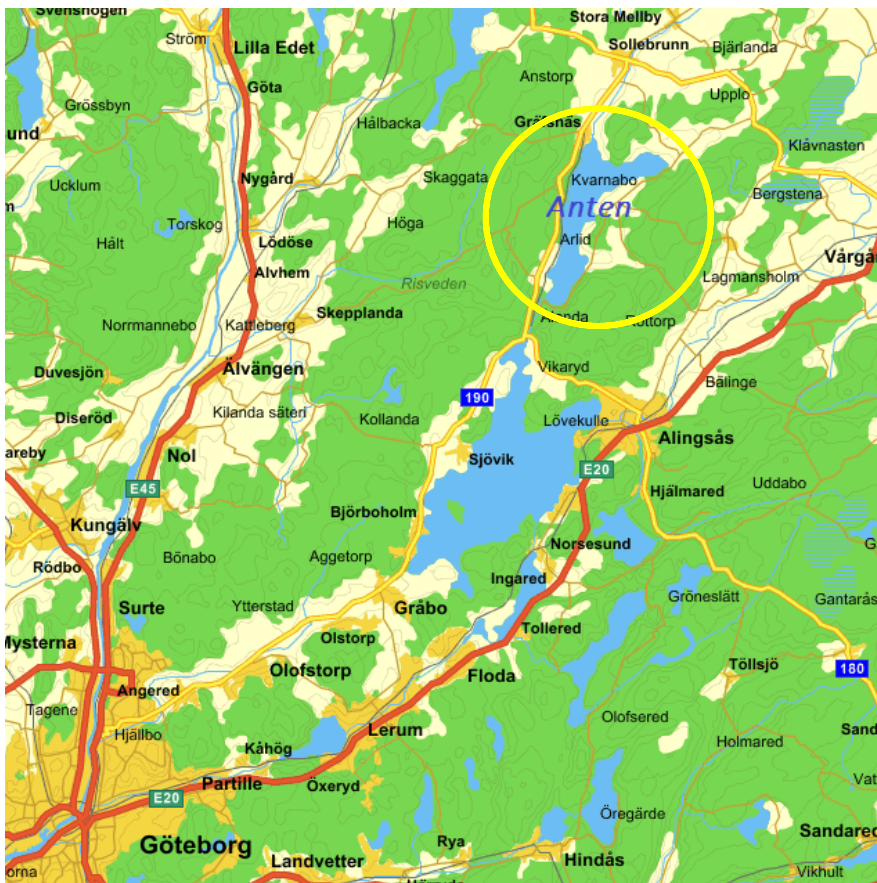
I följande rapport utförs teoretiska beräkningar av kväve- och fosforutsläpp till Anten. Kombinerat med vattenprovtagningar och flödesmätningar skapas en helhetsbild av vad som påverkar sjön. Tillsammans med resultat från tidigare studier möjliggörs en kvantifiering och jämförelse av Antens föroreningskällor. Studien fokuserar på kväve- och fosforutsläpp från åkermark, enskilda avlopp samt ett avloppsreningsverk. Resultatet från rapporten kan användas som en del av ett beslutsunderlag för att genomföra eventuella åtgärder för att förbättra vattenkvaliteten i Anten.

1.1. Syfte

Arbetet syftar till att ta reda på vilka som är de största föroreningskällorna kring Anten med avseende på fosfor- och kväveutsläpp. Studien skall även svara på var den största tillförseln av näringsämnena fosfor och kväve sker. Förslag skall ges på hur åtgärder kan riktas för att minska tillförseln av näringsämnena till Anten. Studien skall beakta påverkan från enskilda avlopp, åkermark och reningsverk.

1.2. Områdesbeskrivning

Anten ligger i Alingsås kommun cirka 60 kilometer nordost om Göteborg och 12 kilometer nordväst om Alingsås (se figur 1). Sjöns omgivning består till största delen av skog och jordbruksmark. Avrinningsområdet täcker 217 kvadratkilometer varav 26 procent är jordbruksmark och 63 procent är skog (SMHI, 2013). I området finns tre tätorter, Sollebrunn, Stora Mellby och Gräfsnäs. I övrigt består bebyggelsen av gårdar och enskilda fastigheter. Inga tungt trafikerade vägar går genom avrinningsområdet (Trafikverket, 2013). Avrinningsområdet består av sex delavrinningsoråden som kan ses i figur 2.

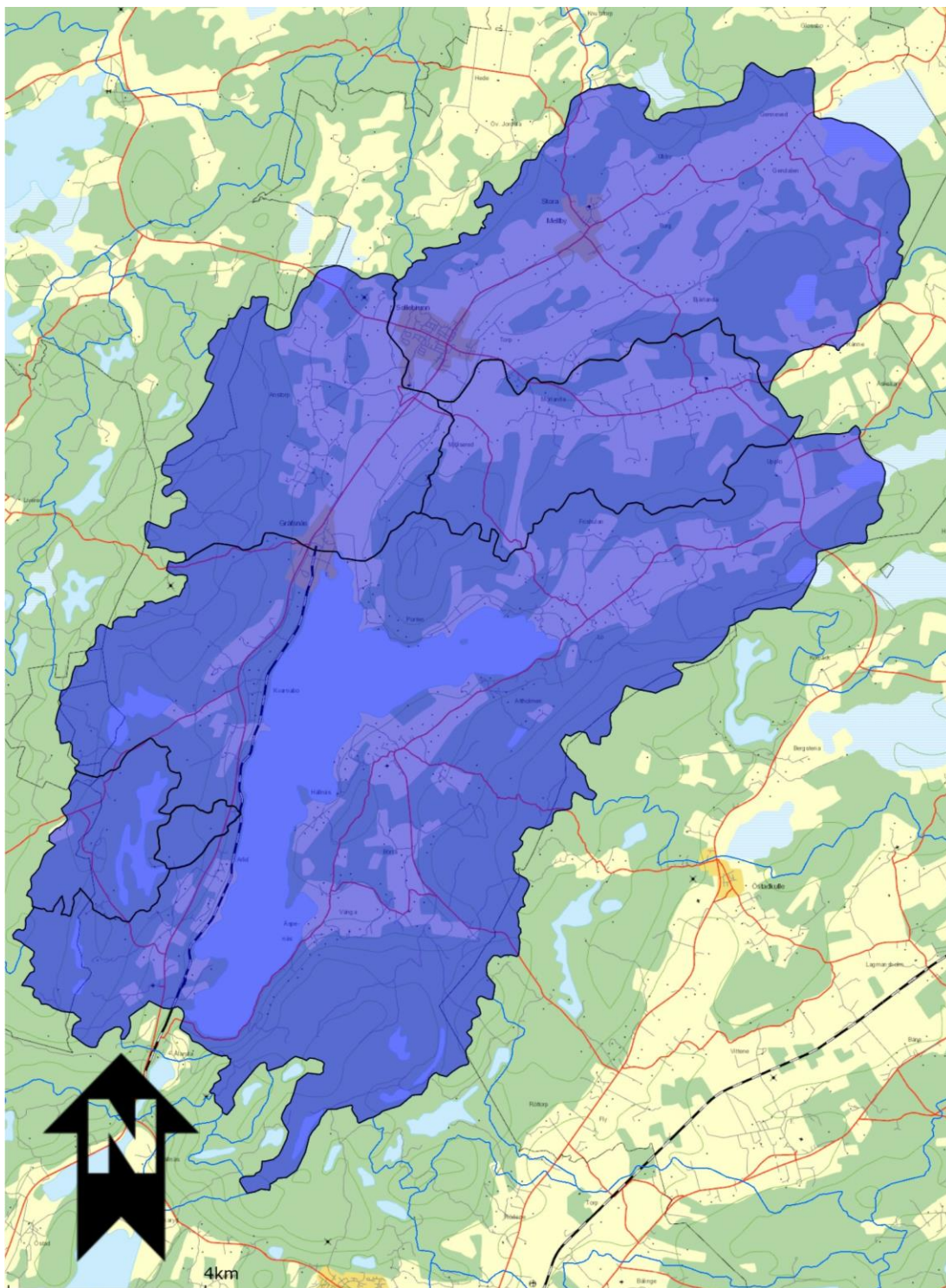


Figur 1. Antens position i förhållande till Göteborg och Alingsås (www.eniro.se)

Anten täcker en yta av 19,2 kvadratkilometer och har ett medeldjup på 13,5 meter (Nyman, 1996). Vattnets utbytestid är beräknad till cirka tre år, denna uppgift är dock osäker på grund av att den befintliga djupkartan är mycket gammal. Strandlinjen består till 37 procent av åker, resten är mestadels skog.

Antens största tillflöden mynnar i den norra delen av sjön. Störst av dessa är Mellbyån, som står för cirka 42 procent av tillrinningen till sjön (Nyman, 1996). Dessa vattendrag rinner

mestadels genom jordbruksmarker, men Mellbyån passerar också genom tätorterna Sollebrunn och Stora Mellby. I Sollebrunn ligger ett avloppsreningsverk som tar hand om avloppsvattnet från Sollebrunn, Gräfsnäs och Stora Mellby. Antens utlopp finns i den södra änden av sjön där det finns en förbindelse med sjön Mjörn.



Figur 2. Antens avrinningsområde (www.vattenkartan.se)

2. Litteraturgenomgång

Avsnittet avser ge en djupare kunskap och ett större perspektiv kring ämnesområden relevanta för denna studie. Litteraturgenomgången behandlar ämnen både på en övergripande och på en lokal nivå.

2.1. Sammanställning och analys av tidigare studier

Tidigare studier har genomförts i Antens avrinningsområde. Dessa studier används som riktlinjer för denna rapport. SMHI:s Vattenwebb tas upp eftersom den ger information om bland annat utsläpp av kväve och fosfor. Resultaten från tidigare studier och SMHI:s Vattenwebb används vid jämförelse med rapportens resultat. Mätdata från Alingsås miljöskyddskontor som inte har publicerats går hitta i bilaga 2.

2.1.1. Examensarbete som behandlar föroreningar i Mellbyån

Studien är ett examensarbete från Chalmers Tekniska Högskola (Orakzai, 2008). Författaren Orakzai fokuserar främst på det ekonomiska värdet av sjön Anten och dess stränder, men en del av examensarbetet diskuterar föroreningar från Mellbyån i den norra delen av sjön. I samband med examensarbetet har vattenprovtagningar utförts vid sju punkter i Mellbyån och i en punkt i Anten, nära åns mynning. Den primära anledningen till provtagningarna var att undersöka mikrobiologisk påverkan från reningsverket samt en närliggande hästgård. Enligt Orakzai försvinner mikroberna innan de når sjön och de genomförda mätningarna stöder påståendet. Även kvävehalter och fosforhalter undersöktes, Orakzai konstaterade att halterna blev lägre nära Mellbyåns mynning. Studien utgår från att Sollebrunns avloppsreningsverk och närliggande åkermark är de främsta källorna till mikrobiologisk påverkan och tillförsel av näringsämnen till norra Anten. I undersökningen nämns inte enskilda avlopp eller övriga vattendrag som mynnar i sjön som tänkbara föroreningskällor. Egna flödesmätningar har inte genomförts.

Orakzai nämner utbyggnad av skyddszoner för all åkermark i närheten av Mellbyån som en tänkbar åtgärd för att minska föroreningarna i Anten. Även anläggande av våtmark föreslås. Resonemanget kring båda åtgärderna är i första hand ur ett ekonomiskt perspektiv.

2.1.2. SMHI:s Vattenwebb

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, SMHI, gör modelleringar av vattenflöden och föroreningar för alla avrinningsområden i Sverige (SMHI, 2009). Till modelleringen används S-HYPE som är ett program för simulering av flöde och vatten- och näringsämnensomsättning. I S-HYPE finns information om markanvändning, avrinningsområden, nederbörd med mera. S-HYPE tar hänsyn till att olika processer minskar kväve- och fosforhalten i vattnet. Modellen utvärderas och kalibreras med hjälp av

information från mätstationer. Enligt SMHI anpassas S-HYPE i första hand för att kväve- och fosforbelastningen på havet skall vara så korrekt som möjligt.

Enligt modelleringarna uppgår föroreningar från enskilda avlopp i området till 4 182 kilogram kväve och 564 kilogram fosfor per år. Avloppsreningsverket i Sollebrunn släpper ut 7 403 kilogram kväve och 42 kilogram fosfor per år. Jordbruket uppges stå för 82 403 kilogram kväve och 3 411 kilogram fosfor per år. Utsläppen från industrier är noll för både fosfor och kväve. Vid hämtning av data från S-HYPE-modelleringarna uppger SMHI att resultaten från modelleringen skall betraktas som vägledande. SMHI garanterar inte riktigheten i resultaten eftersom det endast är en modell av verkligheten.

2.1.3. Anten, en sjö hotad av eutrofiering?

Rapporten är en undersökning gjord av Hans Nyman från Svensk Ekologisk Konsultation AB (Nyman, 1996). I rapporten sammanställs resultatet från ett antal undersökningar och provtagningar gjorda i Anten under 1990-talet. Undersökningen är idag 17 år gammal och bygger på indata som är ännu äldre och, enligt författaren själv, i vissa fall bristfälliga. Nymans studie har studerat fler vattendrag än vad Alingsås kommun gör idag. Föroreningskällor, annat än vattendragens bidrag, diskuteras inte i undersökningen.

Fosforbelastningen på Anten år 1996 anges till 4,3 ton per år. Över hälften, 56 procent, kommer från Mellbyån. Enligt de bedömningskriterier som Nyman använder är detta inte en farlig belastning, men inte heller en acceptabel sådan. Undersökningen konstaterar att föroreningarna i Mellbyån har minskat sedan 1980-talet men att detta inte har märkts av i Anten.

2.1.4. Limnologiska undersökningar i Anten och Mjörn 2007-2008

Rapporten har gjorts av Medins Biologi AB på uppdrag av Göta älvs vattenvårdsförbund och följer delvis upp Hans Nymans studie från 1996 (Abrahamsson et al., 2009). Fokus är sjöarna Antens och Mjörns ekologiska status baserad på provtagningar och provfiskningar. Provtagningarna har huvudsakligen gjorts i de båda sjöarna, men även i Antens tillflöden Mellbyån och Loobäcken. Medelvärden för fosfor- och kvävehalter redovisas för mätningar gjorda under 2006 till 2008. I Mellbyåns mynning uppgick totalfosfor till 89 mikrogram per liter och totalkväve till 1,98 milligram per liter. Motsvarande siffror för Loobäcken är 78 mikrogram per liter respektive 1,76 milligram per liter.

I rapporten fastställs att en minskad fosfortillförsel till Anten är nödvändig för att säkerställa sjöns biologiska och friluftsanslutna värden.

2.1.5. Resultat av recipientkontroll 2011 - Snuskbäckar

Alingsås miljöskyddskontor genomför med jämna mellanrum provtagningar i kommunens vattendrag (Alingsås miljöskyddskontor, 2011). Resultatet har sammanställts i snuskbäckar-rapporten. Vid kommunens provtagningar mäts bland annat totalkväve-, totalfosfor- och E. coli-halter. Analyser av vattenprover har genomförts av ackrediterat laboratorium¹. Av de bäckar som har kontrollerats mynnar fyra i Anten; Vängån, Loobäcken (två

¹ Helena Borgstedt (Alingsås Miljöskyddskontor) personlig kontakt den 14 maj 2013

provtagningsplatser), Iglasjöbäcken och Mellbyån (två provtagningsplatser). Även i Mörlandaån, som mynnar i Mellbyån, har provtagning gjorts.

I Mellbyån, Loobäcken och Mörlandaån överstiger halterna av totalkväve, totalfosfor och E. coli-bakterier gränsen för mycket höga halter. Iglasjöbäcken har mycket höga halter av E. coli-bakterier men inte av kväve och fosfor. Halterna i Vängaån är under gränsen i alla tre fall. Lätt nedåtgående trender konstateras i de fall där mätningar har genomförts tillräckligt länge.

Undersökningens slutsats är att riktade åtgärder behöver sättas in i Loobäcken, Iglasjöbäcken, Mellbyån och Mörlandaån.

2.1.6. Dammar vid Anten

Studien är gjord av Stefan Bydén från Melica på uppdrag av Sävås vattenråd (Bydén, 2011). Syftet är att undersöka olika åtgärder för att minska fosfortillförseln till Anten. Åtgärderna är till för att återskapa den naturliga rening som försvann vid utdikning av närliggande vattendrag. Åtgärder föreslås i Mellbyån, Mörlandaån och Loobäcken.

Flera möjliga åtgärder och deras placering föreslås i studien. Bland dessa nämns olika typer av dammar, utfläckning av vattendrag och meandring. Med hjälp av resultat från andra studier beräknas reningspotentialen till 5 250 kilogram kväve och 315 kilogram fosfor per år om alla föreslagna åtgärder genomförs.

2.2. Lagar och direktiv som skyddar Sveriges vatten

Flera lagar och direktiv har skrivits in i svensk lag för att skydda Sveriges miljö. Europaparlamentet har skapat riktlinjer för att förhindra en försämrad vattenkvalitet. På lokal nivå har Alingsås kommun satt upp egna miljömål.

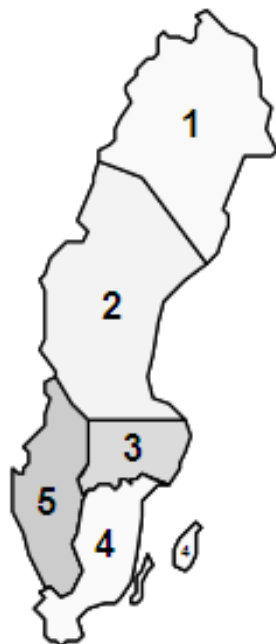
2.2.1. The European Union Water Framework Directive – Europas Vattendirektiv

Medlemsländerna i Europeiska Unionen, EU, har som gemensamt mål att skydda och säkra en god yt- och grundvattenkvalitet (Vattendirektivet EU, 2000). Det uppnås genom främjande av hållbar vattenanvändning och förbättrat tillstånd för vattenberoende ekosystem samt skyddande från föroreningar. För att nå målet finns sedan år 2000 ett regelverk som kallas Vattendirektivet.

I Vattendirektivet fastställs en gemensam definition av god ekologisk status som används för att jämföra allt vatten i Europa (WISE, 2008). Ekosystemen i Europa ser olika ut, vilket leder till att det inte går att ha gemensamma riktvärden för klassificering. Istället används en femgradig statusskala, hög, god, måttlig, otillfredsställande och dålig. Hög och god är de statusklasser som eftersträvas. Målet med statusskalan är att beskriva ytvattnets kvalitet. Parametrar som bör undersökas för flod, sjö och andra vattenkällor redovisas i Vattendirektivet. Hög ekologisk status motsvarar en vattenkälla som nästintill inte har blivit påverkad av mänsklig aktivitet (Vattendirektivet EU, 2000). I Vattendirektivet finns tabeller för vilka kriterier som gäller för hög, god respektive måttlig status.

I Sverige har Europas vattendirektiv införts i svensk lagstiftning genom Vattenförordningen (Vattenmyndigheterna, 2013). Där finns riktlinjer för hur sjöar och vattendrag bör

klassificeras. Vattenmyndigheterna bär ansvaret för att Europas Vattendirektiv följs och att sjöarna når en god ekologisk status. Myndigheterna är uppdelade i fem distrikt för att lättare kunna genomföra kontroller och organisera arbetet. Distrikten är Bottenviken, Bottenhavet, Norra Östersjön, Södra Östersjön och Västerhavet, vilka kan ses i figur 3.



Figur 3. De fem vattendistrikten i Sverige, (1)Bottenviken, (2)Bottenhavet, (3)Norra Östersjön, (4)Södra Östersjön, (5)Västerhavet (Naturvårdsverket, 2007).

Miljö kvalitetsnormen är ett styrdokument för hur Vattenmyndigheterna bör arbeta och bestäms av Vattendelegationen i varje distrikt (Naturvårdsverket, 2007). Vattenmyndigheterna arbetar med att först analysera vattendistriktet som skall undersökas och därefter undersöka statusen i vattenkällan. Vid hög eller god status samt ingen risk för försämring behövs inga åtgärder. Vid sämre än god, eller vid risk för försämring görs en åtgärdsanalys.

2.2.2. Alingsås kommuns miljömål

Regionala miljömål för Västra Götaland har tagits fram av länsstyrelsen. Alingsås kommun tillhör Västra Götalands län och leds därför av miljömålen. Ett av målen är att åtgärder skall vara genomförda vid 2020 så att naturen skall hinna anpassa sig till 2025 då EU:s miljömål skall vara uppfyllda (Alingsås kommun, 2010).

Alingsås kommun har delat in miljömålen i tre kategorier: rik natur, friskt vatten och det goda samhället. Miljömålen för friskt vatten är följande:

- Grundvatten av god kvalitet
- Levande sjöar och vattendrag
- Bara naturlig försurning
- Ingen övergödning

I sin helhet strävar Alingsås kommun efter att skapa förutsättningar för livskraftiga djur- och växtpopulationer genom att förse dem med friskt och rent vatten. Vatten som har påverkats av

olika anledningar skall försöka återställas till sitt ursprungliga tillstånd. Huvudmålet är att miljöpåverkan skall minskas till en långsiktigt hållbar nivå.

Alingsås kommun har som ett mer specifikt mål till 2019 att allt ytvatten i kommunen skall uppnå klassificeringen god vattenstatus med avseende på artsammansättning, kemiska och fysikaliska förhållanden.

Ur ovan nämnda mål har detaljerade mål framtagits som direkt rör Anten och dess omgivning. Nedanstående delmål är till för att uppnå de regionala målen som länsstyrelsen framtagit:

§8.2- Samtliga djurhållande lantbruk runt Anten och dess biflöden ska ha gödselvårdsanläggningar och spridningsarealer som uppfyller förordningen om miljöhänsyn i jordbruket (Alingsås kommun, 2010).

§11.1- Under perioden [fram till 2020] ska i genomsnitt 215 enskilda avloppsanläggningar per år ha inspekterats i Antens avrinningsområde. Där brister konstaterats ska åtgärder ha vidtagits så att reningsgraden minst motsvarar normal skyddsnivå (Alingsås kommun, 2010).

2.3. Kemiska processer kopplade till eutrofiering

Begreppet eutrofiering avser en förändring mot ett näringsrikare tillstånd i olika medier (Naturvårdsverket, 1993). Det kan ses som en ökad tillförsel av tillväxtämnen. Eutrofiering omfattar en ökad växt-, djur- och mikrobiell produktion. Fosfor (P) och kväve (N), som förekommer naturligt i miljön, är ämnen som reglerar tillväxtproduktionen. Ökad tillsats av kväve eller fosfor är direkt avgörande för en ökad tillväxt i vattnet.

En ökad tillförsel av tillväxtämnen kan bland annat leda till stora algblomningar och förändrade förhållanden mellan undervattensväxter, planktonalger och strandvegetation (Naturvårdsverket, 1993). En dominans av någon av dessa organismer kan ge stora konsekvenser i form av syrgasbrist och bottendöd. När detta sker har balansen i sjön rubbats och den utsätts då för en övergödande belastning. För insjöar är det i regel fosfor som är det begränsande ämnet för tillväxt (Havs- och vattenmyndigheten, 2012).

2.3.1. Fosfor

Fosfor förekommer naturligt endast bundet i kemiska föreningar (Bydén et al., 2003). Det är ett viktigt ämne för organismernas energiomsättning men det är endast fosfat-fosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$) som växterna kan tillgodogöra sig. Den fosfor som växterna ej förmår att ta upp direkt, omvandlas till tillgängligt fosfat-fosfor eftersom fosfor har en hög kemisk reaktionsförmåga. För att få ett bra mått på eutrofiering kan halten av totalfosfor (Tot-P) användas. Totalfosfor innefattar den fosfor som är direkt tillgänglig för växterna, men även den som är bunden till organismer och partiklar. Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag med avseende på totalfosfors säsongsmedelvärde från maj till oktober går att se i tabell 1 (Naturvårdsverket, 1999).

Tabell 1. Bedömningskriterier för totalfosfor i sjöar och vattendrag enligt Naturvårdsverket.

Bedömningskriterier		
Klass	Benämning	Tot-P (mg/l)
1	Låga halter	$\leq 0,0125$
2	Måttligt höga halter	0,0125 - 0,025
3	Höga halter	0,025 - 0,050
4	Mycket höga halter	0,050 - 0,1
5	Extremt höga halter	$> 0,1$

2.3.2. Kväve

Kväve finns i många olika former i naturliga vatten, varav den största delen återfinns som kvävgas (N_2) (Bydén et al., 2003). I allt levande, såväl växter som djur, finns kväve. När organiskt material bryts ner frigörs det bundna kvävet till ammonium (NH_4^+). Ammonium reagerar sedan med syrgas (O_2) och bildar nitrat (NO_3^-). Om syrgastillgången i vattnet är begränsad oxideras ammonium istället till nitrit (NO_2^-). Nitrit är en kväveform som utgör mellansteget vid oxidations- och reduktionsprocesser mellan ammonium och nitrat. Den sammanlagda processen kallas för nitrifikation. Nitrit finns inte under normala förhållanden i vattnet, utan oxideras i vanliga förhållanden till nitrat. Således kan en ökad nitritkoncentration i vattnet påvisa att en förändring av syrgasförhållandet har skett.

Kvävgas bidrar inte till eutrofiering (Bydén et al., 2003). Då den största delen av kvävet i vattnet består av kvävgas, och endast en liten del av kvävgasen är fixerad i organiskt material, kan totalkväve (Tot-N) användas som indikator för eutrofiering. Totalkväve bortser från kvävgas och innefattar all kväve som finns löst och uppbundet i partiklar och biomassa.

Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag med avseende på totalkvävet säsongsmedelvärde från maj till oktober kan ses i tabell 2 (Naturvårdsverket, 1999).

Tabell 2. Bedömningskriterier för totalkväve i sjöar och vattendrag enligt Naturvårdsverket.

Bedömningskriterier		
Klass	Benämning	Tot-N (mg/l)
1	Låga halter	$\leq 0,3$
2	Måttligt höga halter	0,3 - 0,625
3	Höga halter	0,625 - 1,250
4	Mycket höga halter	1,250 - 5
5	Extremt höga halter	> 5

2.3.3. E. coli

Escherichia coli, E. coli, är en mikroorganism som används som indikatorbakterie för att påvisa fekal påverkan i vatten (Smittskyddsinstitutet, 2010). Fekal påverkan innebär att ett vatten har spår av avföring från djur eller människor. Detta eftersom bakterien finns i mag-

och tarmkanalen hos både djur och människor. Det finns olika typer av bakterien, varav sex är sjukdomsframkallande och kan ge feber och diarré hos människan. Inlandsbadvatten av bra kvalitet skall ha en halt av E. coli-bakterier som underskrider 1 000 stycken per 100 milliliter (Liljelund et al., 2008).

2.4. Föroreningskällor

Kväve och fosfor tillförs till sjöar och vattendrag från många olika källor. Ungefär hälften av all tillförsel av kväve och fosfor är naturligt läckage från skog och mark (Jordbruksverket, 2013a). Den andra hälften kommer från mänsklig aktivitet så som avloppsreningsverk, enskilda avlopp och åkermark. Följande avsnitt behandlar dessa tre föroreningskällor.

2.4.1. Jordbruk och åkermark

Enligt Jordbruksverket står jordbruken för cirka 40 procent av både det kväve och fosfor som Sverige släpper ut i haven (Jordbruksverket, 2013a). Det motsvarar 940 ton fosfor och 38 200 ton kväve per år (Brandt et al., 2008). All mark släpper naturligt ifrån sig näringsämnen, men mängden ökar när människan odlar jorden. Odlingssmarker är från början rika på näringsämnen, och vid gödsling ökar koncentrationen ytterligare. När grödorna skördas försvinner näring från marken och den får ett näringsunderskott. Gödsel är därför nödvändigt för att ersätta den näring som tas upp av växterna. Alla näringsämnen i gödseln kan inte tillvaratas av grödorna utan en del förs ut till vattendrag och hamnar till sist i sjöar och hav. En viss andel av kvävet och fosfor som läcker ut från åkermarken reduceras i olika processer, så kallad retention, innan de når vattnet. Exempel på retentionsprocesser är sedimentering och mikroorganismers omvandling av vattenlöst kväve till luftkväve. Storleken på retentionen varierar beroende på lokala förhållanden (Johnsson et al., 2008).

Hur mycket näringsämnen som läcker ut från åkermark beror bland annat på nederbörden och klimatet (Djodjic, 2001). Regnvattnet drar med sig näringsämnena från åkermarken och ner i närliggande vattendrag. Därför kan det vara en stor variation i utsläpp mellan olika år med olika nederbördsmängder. Utsläppen beror även mycket på hur den odlade jorden ser ut. Lerjordar släpper till exempel ut betydligt mer fosfor än sandjordar. Även hur åkermarken brukas påverkar utsläppen, omrörning av jorden i samband med exempelvis plöjning och harvning gör att näringsämnen frigörs.

2.4.1.1. Utsläpp av fosfor från åkermark

Fosfor läcker ut från åkrar till vattendrag främst genom ytvattenavrinning, infiltration och dränering (Greppa Näringen, 2011). Vinderosion kan i vissa fall orsaka fosforförluster. Vid ytvattenavrinning eroderas markpartiklar loss av vattnet och transporteras bort. Fosfor kan vara bunden till markpartiklar eller transporteras löst. Erosionen påverkas av hur markytan lutar, hur marken används och vilken typ av jord det är. Vid infiltration rör sig vatten nedåt i jorden genom makroporer (sprickor och håligheter). Markpartiklarna i porerna kan vanligtvis binda upp fosfor, men vid infiltration kan vattnet röra sig för snabbt för att det skall kunna ske. En stor del av den årliga fosforförlusten sker vid mycket höga vattenflöden, till exempel vid snösmältning (Djodjic, 2001). I Sverige har fosforläckaget från jordbruk minskat med 340 ton mellan 1995 och 2005 på årsbasis (Bengtsson et al. 2009).

2.4.1.2. Utsläpp av kväve från åkermark

Till skillnad från fosforutlakning är det främst infiltration som spelar roll för kväveutlakningen: ytavrinning är av mindre betydelse (Greppa Näringen, 2011). En del av kvävet som transporteras med vatten återgår till luften genom omvandling till kvävgas och bidrar inte till övergödning.

2.4.2. Kommunal hantering av avloppsvatten

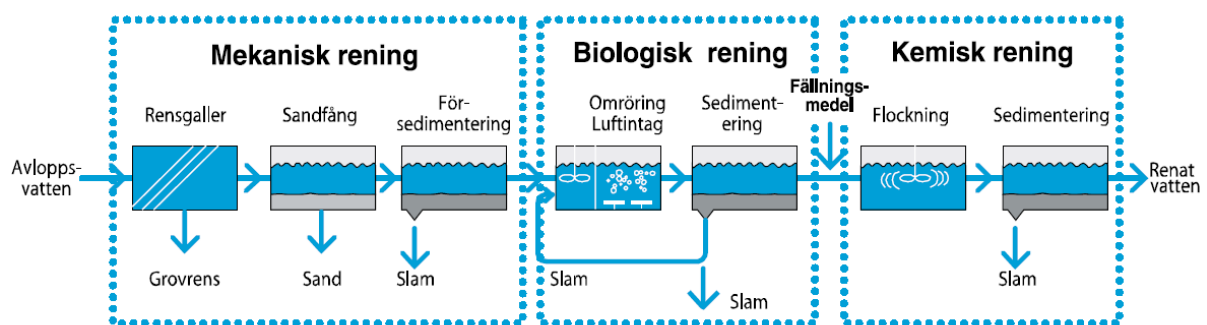
Avloppsvatten är ett samlingsnamn för spillvatten från hushåll, dagvatten, dräneringsvatten samt kylvatten (Alingsås kommun, 2013). Orenat avloppsvatten innehåller många olika sorters föroreningar som behöver avlägsnas så att vattnet kan släppas ut utan att skada miljön eller medföra hälsorisker för människor (Naturvårdsverket, 1995). Avloppsvattnet innehåller bland annat näringsämnen som kväve och fosfor, samt bakterier från människor som *E. coli*. Den största andelen av kväve och fosfor i spillvattnet kommer från urin.

2.4.2.1. Avloppssystemens utformning

Det finns olika typer av system för att avleda och hantera avloppsvatten (Naturvårdsverket, 2008). Om spillvatten från hushåll och dagvatten leds i gemensamma ledningar kallas det för ett kombinerat system. När dagvatten och spillvatten transporteras i separata ledningar kallas det för ett duplikat system. Det är främst äldre delar av avloppsnäten som har ett kombinerat system. Ett kombinerat system kan medföra problem vid höga flöden, exempelvis efter kraftiga regn. Avloppsreningsverkets eller ledningsnätets kapacitet kan överskridas och orenat vatten måste ledas direkt ut till recipienten. Detta brukar kallas för bräddning.

2.4.2.2. Reningsprocessen i ett avloppsreningsverk

Sedan avloppsrening började användas i Sverige på 1940-talet har reningsgraden blivit allt bättre och förbättras fortfarande (Naturvårdsverket, 2008). Det finns tre huvudsakliga steg i reningsprocessen; mekanisk, kemisk och biologisk rening (se figur 4).



Figur 4. Reningssteg i ett avloppsreningsverk (Naturvårdsverket, 2008)

Alla avloppsreningsprocesser inleds med någon typ av mekanisk rening. Där avlägsnas stora fasta partiklar så som pinnar och sand. Detta sker med galler, sandfång och genom försedimentering. I den kemiska reningen renas vattnet framförallt från fosfor. Fällningskemikalier baserade på järn eller aluminium tillsätts och den lösta fosforen fälls ut. Flockar bildas av den utfällda fosfor, som sedan avskiljs med hjälp av till exempel sedimentering. Cirka 90 procent av fosfor avlägsnas i detta steg. Den biologiska reningen

avlägsnar framförallt organiska ämnen. Man utnyttjar mikroorganismer, framförallt bakterier, som livnär sig på de organiska ämnena. Mikroorganismerna klumpar ihop sig till flockar som avlägsnas i sedimenteringsbassänger. Efter detta steg har cirka 90 procent av de organiska ämnena avlägsnats och cirka 20 procent av kvävet förbrukats. I vissa avloppsreningsverk kan vattnet även renas från kväve. Kväverening är dock en relativt komplicerad process, varför det är vanligare i större reningsverk. Om kväverening sker kan halterna av kväve minskas med 50 till 75 procent. Vid bräddning sker ingen rening och det kan bli stora kväve- och fosforutsläpp. Eftersom fosfor renas bort i högre grad än kväve vid normal drift, har en bräddning störst påverkan på fosforutsläppen (Vattenmyndigheten, 2010).

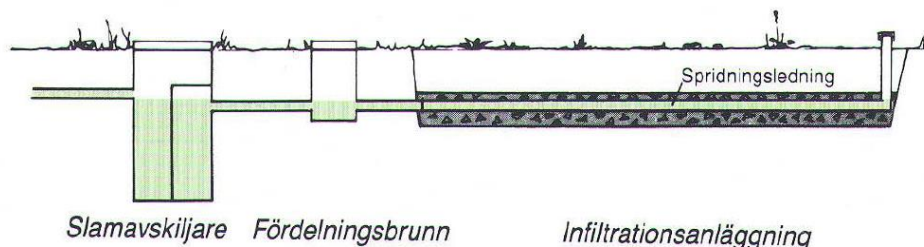
2.4.3. Enskilda avlopp

Om ett hushåll inte kan anslutas till det kommunala ledningsnätet behövs en enskild avloppsanläggning. Den vanligaste och mest rekommenderade avloppslösningen för enskilda avlopp är infiltrationsanläggningen (Naturvårdsverket, 2006a). I de fall infiltrationslösningen inte är möjlig att anlägga rekommenderas istället markbädd.

De båda systemen är konstruerade på snarlika sätt (Naturvårdsverket, 2006b). Den största skillnaden är att infiltrationsanläggningen leder spillvattnet till grundvattnet och markbädden leder vattnet till ett närliggande vattendrag. Till de flesta avloppsanläggningar behövs en slamavskiljare vars huvudsakliga funktion är att samla upp och rensa spillvattnet från de grövre partiklarna. Detta är en förebyggande säkerhetsåtgärd så att anläggningen inte slammas igen i efterföljande system. I detta skede renas inte vattnet nämnvärt, utan den största andelen av föroreningarna finns kvar efter slamavskiljaren. En vanlig typ av slamavskiljare är trekammarbrunn. Efter slamavskiljaren forslas vattnet vidare till en fördelningsbrunn där det sprids jämt ut över spridningsledningarna.

2.4.3.1. Infiltrationsanläggningar

En infiltrationsanläggning består av spridningsledningar placerade i ett infiltrationsdike, där vattnet fördelas ut i jorden för en naturlig rening och där grundvattnet är systemets recipient (se figur 5) (Naturvårdsverket, 2006c). I dikets botten bildas en hinna av bakterier, en aktiv zon, där största delen av spillvattnet renas från bland annat organiska ämnen. Fosfor och kväve tas upp och renas i markprofilen, varför det är viktigt att anläggningen har ett säkerhetsavstånd till grundvattnet på en meter. Om markprofilen består av finkornig eller grovkornig jordart, anpassas och förstärks infiltrationsdiket så att vattnet hinner renas innan det når grundvattnet.

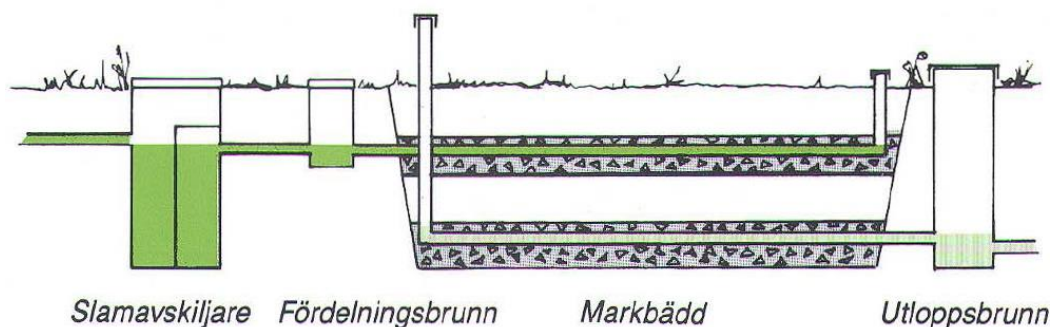


Figur 5. Sektionsbild över infiltrationsanläggning (Naturvårdsverket, 2006a)

2.4.3.2. Markbäddar

I de fall då infiltrationsanläggning inte är möjlig att installera är markbädd det vanligaste alternativet (Naturvårdsverket, 2006d). Till skillnad från i infiltrationsanläggningen renas spillvattnet i en markbädd av ett tillfört sandlager. När vattnet renats genom sandlagret tas det upp av dräneringsledningar som forslar vattnet vidare till ett vattendrag (se figur 6).

I markbädden bildas den biologiskt aktiva zonen på den övre ytan av sandlagret. Fosfor fångas upp i sandlagret, men fosforupptagningen minskar efter några år då den begränsade reningsvolymen blir mättad. Därför är infiltrationsanläggningen i första hand rekommenderad av Naturvårdsverket (Naturvårdsverket, 2006d).



Figur 6. Sektionsbild över markbädd (Naturvårdsverket, 2006a).

2.4.3.3. Funktionskrav för enskilda avlopp

Områden är olika känsliga för utsläpp av föroreningar. Det ställs olika krav på enskilda avlopp beroende på var de byggs (Miljöskyddsnämnden, 2009). I områden med stränga reningskrav för enskilda avlopp krävs hög skyddsnivå. I övriga områden krävs normal skyddsnivå. Det är miljöskyddsnämnden i respektive kommun som avgör vilken skyddsnivå som skall eftersträvas i olika områden. Nedanstående krav ställs för en normal skyddsnivå och har hämtats från dokumentet *Riktlinjer för enskilda avloppsanläggningar* från Alingsås kommun:

- Avloppsanordningen är i den mån det behövs försedd med larm om det uppstår drift-, eller andra funktionsstörningar.
- Utsläpp av avloppsvatten får inte medverka till en väsentligt ökad risk för smitta eller annan olägenhet.
- Den hantering av restprodukter från anordningen som äger rum på fastigheten, ska skötas på ett hygieniskt acceptabelt sätt.
- Fosfatfria tvättmedel och fosfatfria hushållskemikalier skall användas.
- Avloppsanordningen förväntas uppnå minst 90 procent reduktion av organiska ämnen (mätt som BOD7).
- Avloppsanordningen förväntas uppnå 70 procent reduktion av fosfor (tot-P).
- Avloppsanordningen möjliggör återvinning av näringsämnen ur avloppsfraktioner eller andra restprodukter.
- Åtgärder vidtas för att minimera risk för smitta eller annan olägenhet för djur.

Ytterligare krav ställs för att uppnå en hög skyddsnivå:

- Avloppsanordningen förväntas uppnå minst 90 procent reduktion av fosfor (tot-P).
- Avloppsanordningen förväntas uppnå minst 50 procent reduktion av kväve (tot-N).
- Ytterligare krav utöver den huvudsakliga reningen i anordningen vidtas för att uppnå en hög nivå för hälsoskydd.

2.5. Åtgärder för att reducera utsläpp av fosfor och kväve

Utsläpp av kväve och fosfor till sjöar och hav kan reduceras med hjälp av rätt åtgärder. Förutom att åtgärder kan vidtas mot specifika punktkällor, kan de även utföras i vattendrag för att minska transporten av näringsämnen till recipienten.

2.5.1. Åtgärder inom jordbruk och åkermark

Utsläpp av kväve och fosfor kommer från olika delar inom jordbruket (Jordbruksverket, 2013a). Åtgärder som är till för att reducera fosforutsläpp behöver inte nödvändigtvis reducera utsläpp av kväve. Sedan 1980-talet har utsläppen av fosfor och kväve från jordbruket minskat. Förändrad gödslingstidpunkt, övergång från höstsådd till vårsådd och högre andel fånggrödor har bidragit till förbättringarna (Havs- och vattenmyndigheten, 2012).

Minskningen av kväveutsläppen har påverkats mest av gröenträda och odlande av fånggrödor (Hallin, 2007). Vid gröenträda är odlingsmarken bevuxen av gräs eller klöver även under vinterhalvåret. För fosfor är det främst ändrad fördelning av grödor och gröenträda som har lett till minskning, men även anläggning av skyddszoner har gett effekt. Skyddszoner skapas utmed vattendrag och sjöar. En skyddszon är en zon där ingen odling eller gödsling får ske. Om en zon har en bredd på minst sex meter och en längd på minst 20 meter är den berättigad till ekonomiskt EU-stöd (Nordström, 2003).

SLU har genomfört en studie som visat att fånggrödor i kombination med vårplöjning istället för höstplöjning minskar utsläppen av kväve till omgivningen (Bengtsson et al., 2009). Att sprida stallgödsel på våren istället för på hösten minskar kväveutsläppen med mellan fem och åtta procent.

Sverige har infört specifika regler för hur stallgödsel får spridas (Jordbruksverket, 2013b). Grundbestämmelsen är att det inte får spridas mer än 22 kilogram stallgödsel per hektar och år. Jordbrukare får inte heller gödsla närmare än två meter från något vattendrag.

För att reducera fosforutsläpp via ytavrinning kan infiltrationen samt reningen av ytavrinnande vatten förbättras (Bengtsson et al., 2009). Fosforutsläpp via transport på markytan kan minskas genom att arbeta in gödseln ordentligt i marken vid gödsling. Gödsling på blöt eller frusen mark bör undvikas. Kontrollerad dränering är ytterligare en möjlig åtgärd. Det innebär att grundvattennivån vid åkermark regleras med hjälp av brunnar, och därmed minskar urlakningen av fosfor.

Att minska det totala fosforläckaget från jordbruket med mer än 25 procent kräver stora strukturförändringar i jordbruksproduktionen (Greppa Näringen, 2011).

2.5.2. Åtgärder för enskilda avlopp

Vattenmyndigheten för södra Östersjön har i sin sammanställning av åtgärder kommit fram till att enskilda avlopp är den föroreningskälla som går att påverka mest (Bengtsson et al., 2009). För att säkerställa att miljöbalkens krav uppfylls skall kommunens miljöskyddsnämnd godkänna byggandet av nya enskilda avlopp. I området inom 500 meter från Antens strandkant krävs det att en hög skyddsnivå efterföljs, i resterande del av avrinningsområdet råder normal skyddsnivå (Miljöskyddsnämnden, 2009).

Alingsås kommun genomför inspektioner av de 2 591 enskilda avlopp som finns i Antens avrinningsområde (Alingsås miljöskyddskontor, 2012). I de fall ett avlopp inte uppfyller de krav som ställs får hushållet i uppgift att utföra nödvändiga åtgärder. Om nödvändiga åtgärder inte genomförs debiteras en avgift.

En alternativ åtgärd är att bygga ut det befintliga avloppsnätet och inkludera de fastigheter som har enskilda avlopp (Christensen et al., 2008). Detta kan vara en mycket kostsam åtgärd.

2.5.3. Åtgärder vid vattendrag

I *Dammar vid Anten* (Bydén, 2011) presenteras olika åtgärder för att fånga upp fosfor och kväve från vattendragen som mynnar i Anten. Åtgärderna genomförs direkt i anslutning till åkermark eller längs med vattendrag. Vanligt förekommande åtgärder i områden med övergödningsproblem bygger på sedimentation av näringsämnen, hindrande av jorderosion samt upptag av näringsämnen till växtlighet. För att åstadkomma sedimentation av fosfor och kväve krävs låg vattenhastighet. Följande åtgärder för minskning av transport av kväve och fosfor kan vidtas:

- Dammar och våtmarker i huvudflöde och biflöden
- Utflackning och fördjupning av vattendraget
- Översvämningsyta
- Meandring (ge vattendrag ett slingrande lopp)

3. Metodik

Arbetet har bestått av en teoretisk och praktisk del. Den teoretiska delen har innefattat uppskattning av utsläpp från enskilda avlopp, åkermark samt från Sollebrunns avloppreningsverk. Uppskattningarna har gett ett totalt utsläpp under ett år från de studerade källorna till Anten. Den praktiska delen har innefattat vattenprovtagningar och flödesmätningar för att kunna genomföra massberäkningar av transport av kväve och fosfor.

Utsläppen från enskilda avlopp har uppskattats genom schablonvärden från litteraturstudier samt Alingsås kommuns avloppsinventering. Arealen åkermark i avrinningsområdet har uppskattats med hjälp av geografiska databaser. Tillsammans med Naturvårdsverkets värden för utsläpp från en ytenhet har åkermarkens utsläpp kunnat uppskattas. Avloppsreningsverkets föroreningsbidrag har beräknats utifrån statistik från reningsverket i Sollebrunn.

Vid vattenprovtagningarna har halter av totalkväve, totalfosfor och E. coli-bakterier analyserats. E. coli har använts som indikator på fekal påverkan för att kunna försöka utvärdera vilken källa som eventuella kväve- och fosforutsläpp kommer ifrån. Samtidigt som provtagningar har gjorts har även flödesmätningar utförts för att uppskatta det momentana kväve- och fosforbidraget till Anten.

3.1. Metodik för uppskattning av utsläpp från åkermark

För att uppskatta hur stora mängder totalkväve och totalfosfor som kommer från åkermark har läckagevärden från Svenska MiljöEmissionsData, SMED, använts. SMED är ett samarbete mellan bland annat SMHI (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut), SCB (Statistiska centralbyrån) och SLU (Sveriges lantbruksuniversitet). SMED arbetar med att ge expertstöd åt Naturvårdsverket i deras arbete med Sveriges internationella rapportering avseende utsläpp till luft och vatten, farliga ämnen samt avfall (Blombäck et al., 2011).

Beroende på var åkermarken är belägen varierar det årliga utsläppet. Arealen åkermark runt Antens tillflöden har hämtats från Alingsås kommuns geografiska databas. Åkermarken närmast Anten, där inga vattendrag passerar, har uppskattats med hjälp av kartor från Eniros internetbaserade karttjänst. Genom att multiplicera läckagevärdena med arealen åkermark har utsläppen av totalkväve och totalfosfor, $m_{\text{Åkermark}}$, erhållits i kilogram per år.

$$m_{\text{Åkermark}} = \sum A_i \times S_i \quad (1)$$

$$A_i = \text{areal åkermark [ha]}$$

$$S_i = \text{läckage av totalkväve eller totalfosfor [kg/(ha} \times \text{år)]}$$

3.1.1. Läckagevärden för utsläpp från åkermark

Läckagevärdena som har använts av SMED är framtagna genom datorsimuleringar (Johansson et al., 2008). Simuleringarna tar hänsyn till jordtyp, odlad gröda, klimat et cetera.

Vid SMED:s beräkningar har Sverige delats in i 22 läckageregioner som karakteriseras av olika odlingsförhållanden. För varje läckageregion har normalläckage beräknats för ett antal olika jordtyper och odlade grödor. Normalläckagen representerar läckage under ett år med normaliserat klimat och normalskördar. De läckagevärden som beräknas representerar läckage från åkermark till närmaste vattendrag.

Aktuell jordart för området är sandig lerjord (Eriksson et al., 1999). Åkermarkerna i norra delen av avrinningsområdet ligger i läckageregion 5a (Vänerslätten) och resterande områden tillhör läckageregion 9 (Västsvenska dalbygden)². Uppskattning av vilka olika grödor som odlas i området har varit svårt att göra. SMED:s medelvärden för läckage för alla typer av grödor har använts i undersökningen. Läckaget av totalkväve är klart större än läckaget av totalfosfor, se tabell 3.

Tabell 3. Schablonvärden för läckage av kväve och fosfor från åkermark.

Läckage från åkermark (kg/(ha × år))		
	Norra delen av avrinningsområdet	Resterande delar av avrinningsområdet
Tot-N	32	29
Tot-P	0,25	0,58

3.2. Metodik för uppskattning av utsläpp från avloppsreningsverk

Sollebrunns avloppsreningsverk har biologisk och kemisk rening (Brånvall et al., 2011). Avloppsledningsnätet är till största delen ett kombinerat system. Avloppsreningsverket i Sollebrunn har dokumenterat inkommande flöde, reningsgrad och eventuella bräddningar under hela året. Halter av bland annat totalkväve och totalfosfor kontrolleras regelbundet i både inkommande och utgående vatten. Informationen har använts vid uppskattning av avloppsreningsverkets utsläpp av totalkväve och totalfosfor. Den totala årsbelastningen, m_{rening} , har beräknats genom att multiplicera den genomsnittliga utgående föroreningskoncentrationen med det totala årsflödet.

$$m_{rening} = C_{utg.} \times Q_{tot} [kg/år] \quad (2)$$

$$C_{ink.} = \text{föroreningshalt i utgående avloppsvatten} [kg/m^3]$$

$$Q_{tot} = \text{totalt vattenflöde} [m^3/år]$$

Enligt Sollebrunns avloppsreningsverk uppgick det totala vattenflödet, exkluderat bräddningar, till 493 182 kubikmeter per år under 2012.

3.2.1. Beräkning av utsläpp vid bräddningar

Den bräddade volymens bidrag till årsbelastningen av totalkväve och totalfosfor kan beräknas som:

$$m_{bräddning} = k \times (V_{bräddning} \times C_{ink.}) [kg] \quad (3)$$

²Ylva Andrist Rangel (SCB) personlig kontakt den 25 februari 2013.

$V_{bräddning} = \text{den bräddade volymen } [m^3]$

$C_{ink.} = \text{föroreningshalt i inkommande avloppsvatten } [kg/m^3]$

$k = \text{korrektionsfaktor som beaktar ökad andel regnvatten } [-]$

Korrektionsfaktorn kan anta ett värde mellan 0 och 1. Vid uppskattning har korrektionsfaktorn tilldelats värdet 1 vilket innebär att halterna av föroreningarna i det bräddade vattnet har antagits vara detsamma som i avloppsvattnet.

3.3. Metodik för uppskattning av utsläpp från enskilda avlopp

Utsläpp har uppskattats separat för totalkväve och totalfosfor eftersom reningsgraden och personutsläppen skiljer sig mellan dem. Det totala utsläppet till hela Anten under ett år, m_{avlopp} , har uppskattats enligt nedan.

$$m_{avlopp} = u_g \times (1 - r_g) \times n_p \times n_{hus} \times t \quad [g/\text{år}] \quad (4)$$

$u_g = \text{genomsnittligt utsläpp av ett ämne per}$

$\text{person och dygn } [gram/person \times dygn]$

$r_g = \text{genomsnittlig reningsgrad } [-]$

$n_p = \text{antal personer i ett hushåll } [person]$

$n_{hus} = \text{antal hushåll } [-]$

$t = \text{genomsnittligt antal dygn per år ett hushåll är bebott } [dygn/\text{år}]$

Antalet hushåll med enskilt avlopp i avrinningsområdet uppgår till 2 591 (Alingsås miljöskyddskontor, 2012). Reningsgrader för olika avloppstyper har hämtats från Svenska MiljöEmissionsData, SMED, och genomsnittliga utsläpp för en person har hämtats från Naturvårdsverket (se avsnitt 3.3.1.). Den genomsnittliga reningsgraden har beräknats utifrån statistik från Alingsås kommuns avloppsinventering.

Antal personer i ett hushåll har antagits vara 1,98, vilket är genomsnittet i Sverige enligt Statistiska Centralbyrån, SCB (SCB, 2013). Beroende på om fastigheten är ett fritidsboende eller ett permanentboende skiljer sig antalet dagar som hushållet är bebott. Ett permanentboende har antagits vara bebott 365 dagar om året och ett fritidsboende har antagits vara bebott 90 dagar om året. Antagandet om 90 dagar baseras på att SMED i sina beräkningar av belastning från enskilda avlopp antar att ett fritidsboende är bebott 180 persondagar per år (Brånvall et al., 2006). Enligt Alingsås kommun är andelen fritidshus i avrinningsområdet 43,75 procent och andelen hus med permanentboende 56,25 procent (Alingsås miljöskyddskontor, 2012).

Det genomsnittliga antalet bebodda dagar för ett hus, t , har beräknats som:

$$t = h_{fritid} \times t_{fritid} + h_{permanent} \times t_{permanent} \quad (5)$$

$h_{fritid} = \text{andel fritidshus } [-]$

$h_{permanent} = \text{andel hus med permanentboende } [-]$

$t_{fritid} = 90 \quad [dygn/\text{år}]$

$$t_{\text{permanent}} = 365 [\text{dygn}/\text{år}]$$

Vid utvärdering av Alingsås kommuns avloppsinventering har avloppen sorterats efter avloppstyp. De olika avloppstypernas andel av det totala antalet avlopp har tagits fram. På grund av otillräcklig dokumentation har ingen indelning kunnat göras mellan avlopp för fritidshus och avlopp för permanentboende. I kommunens inventering har ett avlopp bedömts som godkänt eller icke godkänt, huvudsakligen beroende på dess reningsförmåga. Vid utvärderingen av inventeringen har avloppen bedömts som bra eller dåliga för varje avloppstyp. Icke godkända avlopp enligt inventeringen har satts som bra om orsaken till underkännandet inte påverkar reningsförmågan. I Alingsås kommuns avloppsinventering har alla slamavskiljare bedömts som underkända. Reningsgraden skiljer sig åt för olika typer av slamavskiljare. I utvärderingen har slamavskiljare som är fungerande trekammarbrunnar bedömts som bra. Övriga typer av slamavskiljare har bedömts som dåliga. Alla avlopp som bedöms som dåliga har antagits ha en icke fungerande rening med en reningsgrad på noll procent. Den genomsnittliga reningsgraden, r_g , har uppskattats som:

$$r_g = \sum r_i \times p_i [-] \quad (6)$$

$$r_i = \text{reningsgrad för en avloppstyp} [-]$$

$$p_i = \text{andel av en avloppstyp} [-]$$

3.3.1. Schablonvärden för utsläpp och reningsgrader för enskilda avlopp

För uppskattning av utsläpp av totalfosfor och totalkväve från en person har Naturvårdsverkets schablonvärden använts. Naturvårdsverket har delat in utsläppen i utsläpp från bad, disk och tvätt (BDT) samt utsläpp från toalettavloppen (WC). Totalfosforbelastningen var enligt Naturvårdsverket 2,1 gram per person och dygn. Totalkvävebelastningen var 13,5 gram per person och dygn, se tabell 4.

Tabell 4. Genomsnittligt utsläpp av kväve och fosfor per person och dygn (Naturvårdsverket, 1995).

Genomsnittligt utsläpp (gram/pd)			
	BDT	WC	Total
Tot-P	0,6	1,5	2,1
Tot-N	1	12,5	13,5

Reningsgraderna som har använts i uppskattningarna är sådana som har använts i tidigare studier gjorda av SMED (Brånvall et al., 2006). Beroende på reningstyp varierar totalfosforreningen mellan noll och 89 procent och totalkvävereningen mellan noll och 79 procent, se tabell 5.

Tabell 5. Reningsgrad för olika typer av avlopp (Liss, 2003).

Avloppstyp	Tot-P (%)	Tot-N (%)
Enbart slamavskiljare	10	13
Infiltrationsbädd	88	76
Markbädd	65	44
Slamavskiljare + infiltrationsbädd	89	79
Slamavskiljare + markbädd	69	51
Stenkista/rensbrunn	0	0

3.3.2. Metodik för uppskattning av teoretisk förbättring av enskilda avlopp

Baserat på reningsgraderna i tabell 5 kan inte all kväve och fosfor renas i ett enskilt avlopp. En maximal förbättring har beräknats genom att anta att varje enskilt avlopp är ett godkänt avlopp enligt Alingsås kommuns avloppsinventering. Ett godkänt avlopp är till exempel en väl fungerande slamavskiljare följt av antingen infiltrations- eller markbädd. Andra godkända avloppstyper utgör en liten andel av de inventerade avloppen. Andelen är så pass liten att den kan försummas. Vid beräkning har alla avlopp antagits vara antingen slamavskiljare och infiltrationsbädd eller slamavskiljare och markbädd. Det nuvarande förhållandet mellan de två avloppstyperna har antagits gälla även efter förbättringen. En maximal reningsgrad, $r_{\max}$, har uppskattats enligt nedan.

$$r_{\max} = p'_{slam+inf} \times r_{slam+inf} + p'_{slam+mark} \times r_{slam+mark} \quad (7)$$

Observera att:

$$p'_{slam+inf} = \frac{p_{slam+inf}}{p_{slam+inf} + p_{slam+mark}} \quad (8)$$

$$p'_{slam+mark} = \frac{p_{slam+mark}}{p_{slam+inf} + p_{slam+mark}} \quad (9)$$

där p_i är andelen av den totala antalet avlopp

Ett nytt utsläpp från enskilda avlopp har sedan beräknats med ekvation (4) med den nya reningsgraden, $r_{\max}$.

3.4. Fältundersökningsmetodik och massberäkningsmetodik

Fältundersökning har genomförts vid två olika tillfällen, vid båda tillfällena har vattenprovtagningar och flödesmätningar gjorts på samma platser. Mätpunkterna har främst valts ut för att kunna göra jämförelser med tidigare mätdata, framställda bland annat av Alingsås kommun. Flödesmätningarna och vattenprovtagningarna har kombinerats och en massberäkning har gjorts för varje mätpunkt.

För att kunna analysera resultaten av fältundersökningarna och utvärdera föroreningskällorna, har en uppskattning utförts av antalet permanenta bostäder med enskilda avlopp i närheten av varje provpunkt. Denna uppskattning har gjorts med hjälp av Alingsås kommuns geografiska databas. Uppskattningen redovisas i bilaga 1.

3.4.1. Val av provtagningspunkter

I nära anslutning till sjön och utefter större anslutande vattendrag har provtagningspunkter valts ut. I figur 7 visas de utvalda provtagningspunkterna och deras namn. Utöver de punkter där undersökningar genomförs kontinuerligt av Alingsås kommun har ytterligare provtagningspunkter valts ut för att kunna utvärdera och följa kväve- och fosfortransporten till Anten.



Figur 7. Översiktsbild över provtagningspunkternas placering.

- | | |
|---------------------------|----------------------------------|
| 1. Vängaån | 9. Mellbyån, söder om Sollebrunn |
| 2. Långaredsbäcken | 10. Mörlandaåns mynning |
| 3. Iglsjöbäcken | 11. Mellbyåns mynning |
| 4. Loobäcken nedströms | 12. Gräfsnäsån |
| 5. Loobäcken uppströms | 13. Kvarnaboån |
| 6. Mörlandaån uppströms | 14. Sågån |
| 7. Mellbyån, Stora Mellby | |
| 8. Mellbyån, Sollebrunn | |

Observera att i de fall namnet på vattendraget inte har varit känt har namnet getts efter geografisk placering.

Alingsås kommun har under flera år utfört mätningar i punkterna 1, 3, 4, 5, 7, 9 och 10 (se figur 7). Punkterna har valts till undersökningen för att jämföra med tidigare data. I övriga punkter, 2, 6, 8, 11, 12, 13 och 14 sker ingen kontinuerlig provtagning.

Punkterna 1, 2, 3, 4, 11, 12, 13, 14 har valts ut för att se det momentana utsläppet som sker direkt ut i Anten från vattendragen i tillrinningsområdet. De övriga punkterna är till för att ge en överblick över vad som sker längs med vattendragen ner till Anten.

För att se den momentana mängden av fosfor och kväve som finns i vattnet innan avloppsreningsverket har provpunkt 8 (Mellbyån, Sollebrunn) valts ut. Jämförelse har gjorts med provpunkt 9 (Mellbyån, söder om Sollebrunn), som ligger nedströms avloppsreningsverket och provpunkt 10 (Mörlandaåns mynning).

Provpunkt 6 och 5 har kunnat användas för att utvärdera förändringar i Mörlandaån respektive Loobäcken. Provtagningspunkterna 14, 13, 12 har valts för att få en uppskattning av utsläpp av kväve och fosfor på Antens västra sida.

3.4.2. Massberäkningsmetodik

Massflödet av totalkväve och totalfosfor har beräknats för varje enskild mätpunkt enligt nedanstående formel. Indata har fått från flödesmätningar och analys av vattenprovtagningar. Massflödet har räknats om till gram per timme för att få en lätthanterlig storleksordning på resultaten.

$$m = Q \times C \times 3600 \text{ [g/h]} \quad (10)$$

$$Q = \text{vattenflöde [m}^3\text{/s]}$$

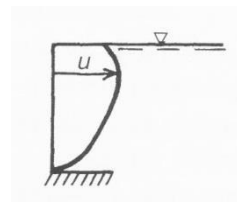
$$C = \text{föroreningshalt [mg/l]}$$

3.4.3. Mätmetodik för bestämning av flöde i vattendrag

Flödesmätningar har genomförts med hjälp av en hydrometrisk flygel (se figur 8). Flygeln mäter strömningshastigheten i vattnet just där den är placerad (Häggström, 2009). Vattenhastigheten varierar över profilen (se figur 9). Hastigheten är som högst nära ytan i mitten av strömfåran och lägre utefter kanterna.



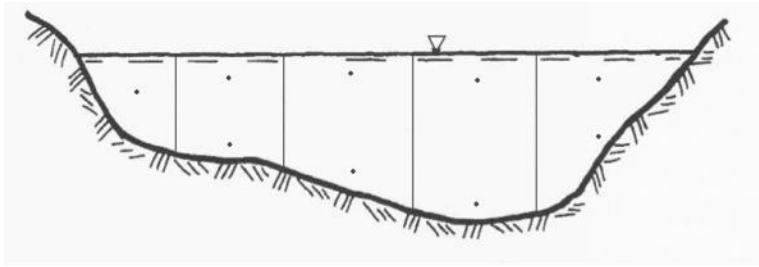
Figur 8. Hydrometrisk flygel.



Figur 9. Hastighetsvariation över djupet (Häggström, 2009).

Vid flödesmätning har en tvärsektion av vattendraget indelats i ett antal vertikala sektioner (se figur 10). Medeldjupet och bredden på sektionerna har mätts upp för att få dess area. Strömningshastigheten har sedan registrerats i en övre och en nedre del av sektionen och ett

medelvärde har räknats ut. Ett rättvisande medelvärde erhålls om hastigheten mäts vid 0,2 och 0,8 gånger vattendjupet (Häggström, 2009). Vid mindre vattendjup kan en rättvisande medelhastighet mätas upp på nivån 0,6 gånger vattendjupet.



Figur 10. Sektionsindelning över ett tvärsnitt. Mätpunkter för hastighetsmätning är markerade i figuren (efter Häggström, 2009).

Naturvårdsverket ger rekommendationer för val av plats vid flygelmätning (Marklund et al., 2008). Hastigheten i strömfåran bör ej överstiga 1,5 meter per sekund. Vattenhastigheten bör ej understiga 0,2 meter per sekund i större delen av sektionen. Strömningen i sektionen skall vara jämn och strömfåran skall vara rak och botten jämn.

Efter att mätningarna har genomförts har flödet beräknats enligt:

$$Q = \sum A_i \times U_i \quad (11)$$

Där:

$$Q = \text{flöde [m}^3/\text{s]}$$

$$A_i = \text{delarea [m}^2\text{]}$$

$$U_i = \text{hastighet per sektion [m/s]}$$

3.5. Metod för analys av vattenprover

Vattenprover har analyserats för att ta fram halter av totalfosfor och totalkväve i laboratorium på Chalmers Tekniska Högskola. Halten E. coli-bakterier har analyserats av Lackarebäcks vattenverks laboratorium. Halten totalkväve har analyserats med hjälp av en TOC-analysator (Total Organic Carbon) med en applikation för att kunna mäta totalkväve. Totalfosforhalten analyserades med hjälp av HACH-metod 8190. I HACH-metod 8190 omvandlas alla former av fosfor till ortofosfat (löst oorganiskt fosfor). Halten ortofosfat kan sedan avläsas med hjälp av en kolorimeter. Utifrån halten ortofosfat kan sedan totalfosforhalten beräknas.

4. Beräkningar och Resultat

Utifrån de metoder som har beskrivits i kapitel 3 har följande resultat kunnat beräknas. Inledningsvis presenteras teoretiskt uppskattade utsläpp från åkermark och Sollebrunns avloppsreningsverk. Vidare presenteras utsläppen från enskilda avlopp i Antens avrinningsområde. Till sist visas masstransportberäkningar av totalfosfor och totalkväve som har uppskattats utifrån de vattenprovtagningar och flödesmätningar som har utförts.

4.1. Teoretisk uppskattning av utsläpp från åkermark

I tabell 6 visas åkerarealer samt schablonvärden för utsläpp av totalfosfor och totalkväve som tagits fram enligt metodavsnittet. Utsläppen har beräknats för areal åkermark som finns i anslutning till vattendragen och respektive provpunkt. I närheten av provpunkt 5, 6 och 12 fanns ingen åkermark och därmed har inga utsläpp kunnat beräknas. Den totala belastningen av totalfosfor från åkermark till Anten är 1 462 kilogram per år. Totalkvävebelastningen uppgår till 138 708 kilogram per år.

Tabell 6. Teoretisk uppskattning av utsläpp från åkermark.

Beräkning av utsläpp från åkermark					
Provpunkt	Areal åkermark (ha)	Läckage Tot-P (kg/(ha × år))	Utsläpp Tot-P (kg/år)	Läckage Tot-N (kg/(ha × år))	Utsläpp Tot-N (kg/år)
1	226,7	0,58	131,5	29	6 574,6
2	99,5	0,58	57,7	29	2 885,1
3 & 4	543,3	0,58	315,1	29	15 755,4
5	0,0	0,58	0,0	29	0,0
6	0,0	0,25	0,0	32	0,0
7 & 8	2 104,8	0,25	526,2	32	67 353,5
9 & 11	758,3	0,25	189,6	32	24 265,6
10	502,0	0,25	125,5	32	16 063,9
12	0,0	0,25	0,0	32	0,0
13	27,7	0,58	16,1	29	802,5
14	0,4	0,58	0,2	29	12,5
Vid sjökant	172,0	0,58	99,8	29	4 988,0
Totalt utsläpp till Anten			1 461,6		138 701,1

Vid beräkning av åkermarksarealer har det i vissa fall inte varit möjligt att med säkerhet bestämma hur stor areal som påverkar en specifik provpunkt. Åkermarken uppströms provpunkt 3 och 4 har slagits samman till en enda yta på grund av det korta avståndet mellan

dessa bäckar. Arealen uppströms provpunkt 7 är medräknad i provpunkt 8 och arealen uppströms provpunkt 9 är medräknad i provpunkt 11.

4.2. Utsläpp från avloppsreningsverket i Sollebrunn

Under år 2012 kontrollerades halterna vid 23 tillfällen jämnt fördelade över året. Den genomsnittliga ingående och utgående koncentrationen av totalkväve och totalfosfor redovisas i tabell 7. Utgående koncentration av totalfosfor var 0,088 milligram per liter och utgående koncentration av totalkväve var 12,56 milligram per liter. Utifrån denna statistik kan årsbelastningar för år 2012 beräknas.

Tabell 7. Medelhalter av totalfosfor och totalkväve i inkommande och utgående vatten i reningsverket i Sollebrunn.

Medelhalt för år 2012 (mg/l)			
Tot-P		Tot-N	
Inkommande	Utgående	Inkommande	Utgående
2,891	0,088	27,15	12,56

Utsläpp av totalfosfor från avloppsreningsverket vid normal drift:

$$m_{rening} = C_{utg.} \times Q_{tot} [kg/\text{år}]$$

$$C_{utg.} = 0,088 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$Q_{tot} = 493\,182 \text{ m}^3/\text{år}$$

$$m_{rening} = 0,088 \times 10^{-3} \times 493\,182 = \mathbf{43,4 \text{ kg/år}}$$

Utsläpp av totalkväve från avloppsreningsverket vid normal drift:

$$C_{utg.} = 12,56 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$Q_{tot} = 493\,182 \text{ m}^3/\text{år}$$

$$m_{rening} = 12,56 \times 10^{-3} \times 493\,182 = \mathbf{6\,194,4 \text{ kg/år}}$$

4.2.1. Utsläpp vid bräddningar

Under år 2012 skedde bräddningar vid två tillfällen och totalt bräddades 6 390 kubikmeter vatten. I tabell 8 jämförs de bräddade volymerna för år 2012 och fem år bakåt. Jämförelsen visar att den bräddade volymen år 2012 är ovanligt stor³.

³Mats Andersson (Driftchef Avlopp, Alingsås Kommun) personlig kontakt den 10 april 2013.

Tabell 8. Bräddningar vid reningsverket i Sollebrunn.

Bräddningar i Sollebrunn (m ³)	
År	
2007	0
2008	500
2009	0
2010	0
2011	4 930
2012	6 390

Inkommande koncentrationer av totalkväve och totalfosfor redovisas i tabell 7.

Den ökade totalfosforbelastningen på grund av bräddningar under 2012 är:

$$m_{bräddning} = k \times (V_{bräddning} \times C_{ink.}) [kg]$$

$$V_{bräddning} = 6\,390 \text{ m}^3$$

$$C_{ink.} = 2,891 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$k = 1$$

$$m_{bräddning} = 1 \times (2,891 \times 10^{-3} \times 6\,390) = \mathbf{18,5 \text{ kg}}$$

Den ökade totalkvävebelastningen på grund av bräddningar under 2012 är:

$$m_{bräddning} = k \times (V_{bräddning} \times C_{ink.}) [kg]$$

$$V_{bräddning} = 6\,390 \text{ m}^3$$

$$C_{ink.} = 27,15 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$k = 1$$

$$m_{bräddning} = 1 \times (27,15 \times 10^{-3} \times 6\,390) = \mathbf{173,5 \text{ kg}}$$

4.3. Teoretisk uppskattning av utsläpp från enskilda avlopp

Av de enskilda avlopp som Alingsås kommun hittills inventerat hade 357 stycken (70 procent) tillräcklig information för att användas i utvärderingen. Fördelningen mellan avloppstyper, baserat på Alingsås kommuns avloppsinventering, redovisas i bilaga 3. Reningsgraden för ett genomsnittligt enskilt avlopp är 39,85 procent för totalfosfor och 35,24 procent för totalkväve. Detta ger nedanstående resultat.

Genomsnittligt antal dygn per hushåll:

$$t = h_{fritid} \times t_{fritid} + h_{permanent} \times t_{permanent}$$

$$h_{fritid} = 0,4375$$

$$h_{permanent} = 0,5625$$

$$t = 0,4375 \times 90 + 0,5625 \times 365 = 244,7 \text{ dygn/år}$$

Utsläpp av totalfosfor:

$$m_{avlopp} = u_g \times (1 - r_g) \times n_p \times n_{HUS} \times t \text{ [g/år]}$$

$$u_g = 2,1 \text{ gram/person} \times \text{dygn}$$

$$n_p = 1,98 \text{ personer}$$

$$r_g = 0,3985$$

$$n_{hus} = 2\,591 \text{ hushåll}$$

$$t = 244,7 \text{ dygn/år}$$

$$m_{avlopp} = 2,1 \times (1 - 0,3985) \times 1,98 \times 2591 \times 244,7 = \\ 1,59 \times 10^6 \text{ g/år} = \mathbf{1\,590 \text{ kg/år}}$$

Utsläpp av totalkväve:

$$u_g = 13,5 \text{ gram/person} \times \text{dygn}$$

$$n_p = 1,98 \text{ personer}$$

$$r_g = 0,3524$$

$$n_{hus} = 2\,591 \text{ hushåll}$$

$$t = 244,7 \text{ dygn/år}$$

$$m_{avlopp} = 13,5 \times (1 - 0,3524) \times 1,98 \times 2591 \times 244,7 = \\ 10,98 \times 10^6 \text{ g/år} = \mathbf{10\,980 \text{ kg/år}}$$

4.3.1. Teoretiskt utsläpp vid maximal rening

Andelen avlopp med slamavskiljare och infiltrationsbädd är 23,5 procent och andelen avlopp med slamavskiljare och markbädd är 14,3 procent (se bilaga 3). Reningsgraderna för de två avloppstyperna hämtas från tabell 5. Detta ger följande resultat.

$$p'_{slam+inf} = \frac{0,235}{0,235+0,143} = 0,622$$

$$p'_{slam+mark} = \frac{0,143}{0,235+0,143} = 0,378$$

Maximal reningsförmåga för totalfosfor:

$$r_{max} = 0,622 \times 0,89 + 0,378 \times 0,69 = 0,814$$

Maximal reningsförmåga för totalkväve:

$$r_{max} = 0,622 \times 0,79 + 0,378 \times 0,51 = 0,684$$

Teoretiskt utsläpp av totalfosfor vid maximal rening:

$$m_{avlopp} = 2,1 \times (1 - 0,814) \times 1,98 \times 2591 \times 244,7 =$$

$$4,90 \times 10^5 \text{ g/år} = \mathbf{490 \text{ kg/år}}$$

Teoretiskt utsläpp av totalkväve vid maximal rening:

$$m_{avlopp} = 13,5 \times (1 - 0,684) \times 1,98 \times 2591 \times 244,7 =$$

$$5,36 \times 10^6 \text{ g/år} = \mathbf{5\,360 \text{ kg/år}}$$

Potentiell minskning av utsläpp av fosfor:

$$1\,590 - 490 = \mathbf{1\,100 \text{ kg/år}}$$

Potentiell minskning av utsläpp av kväve:

$$10\,980 - 5\,360 = \mathbf{5\,620 \text{ kg/år}}$$

4.4. Totalt utsläpp till Anten baserat på teoretiska uppskattningar

De sammanlagda teoretiskt uppskattade utsläppen till Anten från de tre undersökta föroreningskällorna redovisas i tabell 9. Det totala fosforutsläppet har uppskattats till cirka tre ton per år och det totala kväveutsläppet har uppskattats till cirka 156 ton per år. Andelen av det totala utsläppet från respektive källa redovisas också i tabell 9. 89 procent av utsläppen av totalkväve kommer från åkermarken. Åkermark och enskilda avlopp uppskattas bidra med cirka 50 procent vardera av totalfosforutsläppen.

Tabell 9. Totala utsläppet av totalfosfor och totalkväve till Anten.

Totalt utsläpp till Anten				
Källa	Tot-P (ton/år)	Tot-N (ton/år)	Tot-P (%)	Tot-N (%)
Åkermark	1,462	138,708	47	89
Enskilda avlopp	1,590	10,980	51	7
Reningsverk (inkl. bräddning)	0,062	6,368	2	4
Totalt	3,114	156,056	100	100

4.5. Uppskattning av kväve- och fosforbelastning baserat på vattenprovtagningar och flödesmätningar

I följande avsnitt presenteras uppmätta halter och flöden från fältundersökningar. Utifrån dessa har masstransportsberäkningar genomförts och vattendragens procentuella föroreningsbidrag till Anten kunnat uppskattas.

4.5.1. Resultat från flödesmätningar

I tabell 10 presenteras de flöden som uppmättes vid fältundersökningarna. Av logistiska skäl genomfördes varje mättillfälle under en tvådagarsperiod. De första flödesmätningarna gjordes första och andra april 2013. Vid det tillfället var några vattendrag fortfarande istäckta och flödet kunde därför inte mätas upp i alla provpunkter. Mellan det första och det andra mättillfället skedde snösmältning. Vid det andra mättillfället var vattenhastigheten i provpunkt 11 (Mellbyåns mynning) för låg för att den hydrometriska flygeln skulle kunna användas. Inget vattenflöde kunde därför mätas i denna punkt.

Tabell 10. Uppmätta flöden vid respektive provpunkt. * ej mätbart flöde

Vattenflöden (m ³ /s)				
Provpunkt	2013-04-01	2013-04-02	2013-04-23	2013-04-24
1	*		0,099	
2	0,0205		0,076	
3	*		0,049	
4	0,0265		0,2723	
5	0,0113		0,0368	
6	*		0,0335	
7	0,0292		0,3537	
8	0,0277		0,42	
9		0,07543		0,822
10	0,0318		0,267	
11		*		*
12		0,00486		0,0599
13		0,0575		0,082
14		0,023		0,0867

4.5.2. Resultat av vattenprovtagningar

I tabell 11 presenteras halterna av totalfosfor som uppmättes vid provtagningstillfällena. Vid jämförelse med Naturvårdsverkets bedömningskriterier (tabell 1) är alla halter mycket höga eller extremt höga. Halterna av totalkväve presenteras i tabell 12. De flesta halter är höga eller mycket höga enligt Naturvårdsverkets kriterier. Halter av E. coli-bakterier visas i tabell 13. I Mellbyån och Iglasjöbäcken överstigs gränsen för god badvattenkvalitet.

Tabell 11. Halter av totalfosfor.

Totalfosfor (mg/l)				
Provpunkt	2013-04-01	2013-04-02	2013-04-23	2013-04-24
1	0,15		0,23	
2	0,14		0,16	
3	0,10		0,19	
4	0,15		0,12	
5	0,10		0,16	
6	0,16		0,10	
7	0,14		0,13	
8	0,14		0,14	
9		0,12		0,18
10	0,16		0,16	
11		0,11		0,26
12		0,09		0,10
13		0,05		0,07
14		0,07		0,12

Tabell 12. Halter av totalkväve.

Totalkväve (mg/l)				
Provpunkt	2013-04-01	2013-04-02	2013-04-23	2013-04-24
1	0,92		1,44	
2	2,07		1,50	
3	2,68		1,48	
4	1,90		1,46	
5	1,63		0,94	
6	0,96		1,10	
7	1,39		1,61	
8	1,85		1,74	
9		3,94		1,98
10	2,00		1,47	
11		1,73		1,82
12		0,82		0,92
13		0,68		0,84
14		0,50		0,80

Tabell 13. Halter av *E. coli* bakterier.

E. coli (antal/100ml)				
Provpunkt	2013-04-01	2013-04-02	2013-04-23	2013-04-24
1	410		96	
2	24		15	
3	2 000		3 900	
4	390		210	
5	<1		2	
6	<1		<1	
7	1 200		120	
8	79		870	
9		2 000		580
10	190		66	
11		10		2 000
12		28		12
13		3		2
14		1		<1

4.5.3. Resultat av massberäkningar

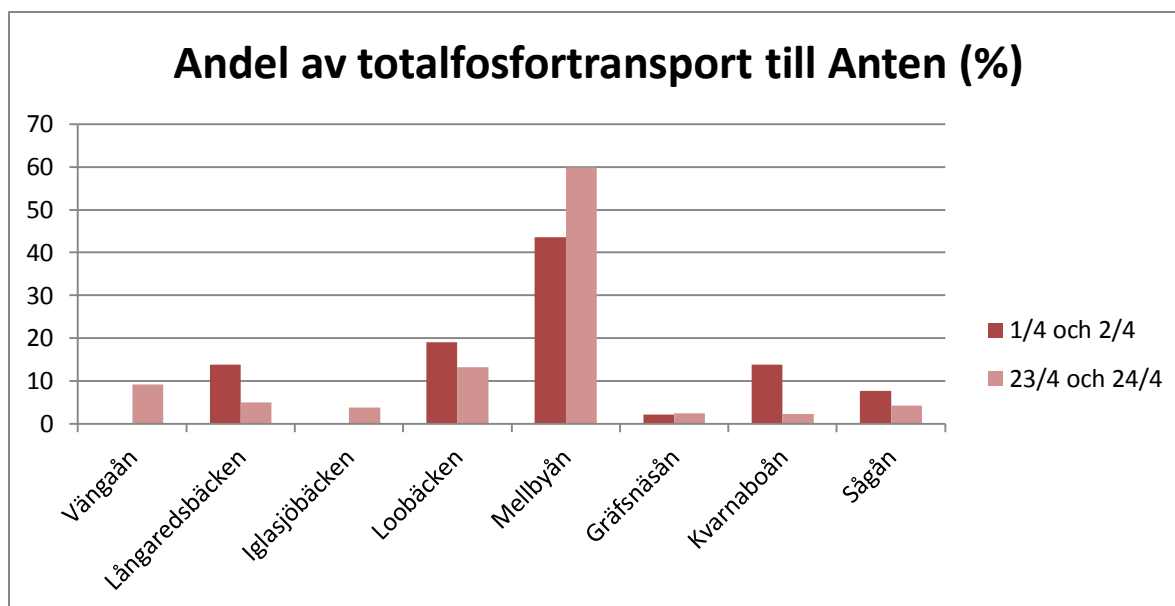
Nedan presenteras resultatet av de massberäkningar som utförts. Masstransport har beräknats vid varje provpunkt. Även den totala transporten till Anten har beräknats. Där flöde ej har kunnat mätas har inte någon masstransportsberäkning kunnat genomföras.

Masstransport av totalfosfor visas i tabell 14. Utifrån masstransporten i de provpunkter som mynnar i Anten har en sammanlagd transport av totalfosfor beräknats till 75 gram per timme vid det första mättillfället. Vid det andra tillfället var motsvarande siffra 889 gram per timme. Eftersom en masstransport ej har kunnat beräknas i provpunkt 11 baseras Mellbyåns föroreningsbidrag på provpunkt 9. Om transporten vore densamma under ett helt år skulle fosfortillskottet till Anten uppgå till cirka 0,66 ton respektive 7,79 ton.

Tabell 14. Masstransport av totalfosfor för respektive provtagningspunkt och den totala masstransporten till Anten.

Masstransport totalfosfor (g/h)		
Provpunkt	1/4 och 2/4	23/4 och 24/4
1	0,0	82,0
2	10,3	43,8
3	0,0	33,5
4	14,3	117,6
5	4,1	21,2
6	0,0	12,1
7	14,7	165,5
8	14,0	211,7
9	32,6	532,7
10	18,3	153,8
11	0,0	0,0
12	1,6	21,6
13	10,4	20,7
14	5,8	37,5
Totalt till Anten	75	889

I figur 11 presenteras andelen av den sammanlagda transporten av totalfosfor för varje vattendrag till Anten. Vid båda tillfällena är det Mellbyån som står för den största transporten av totalfosfor.



Figur 11. Andel totalfosfortransport till Anten i procentenheter

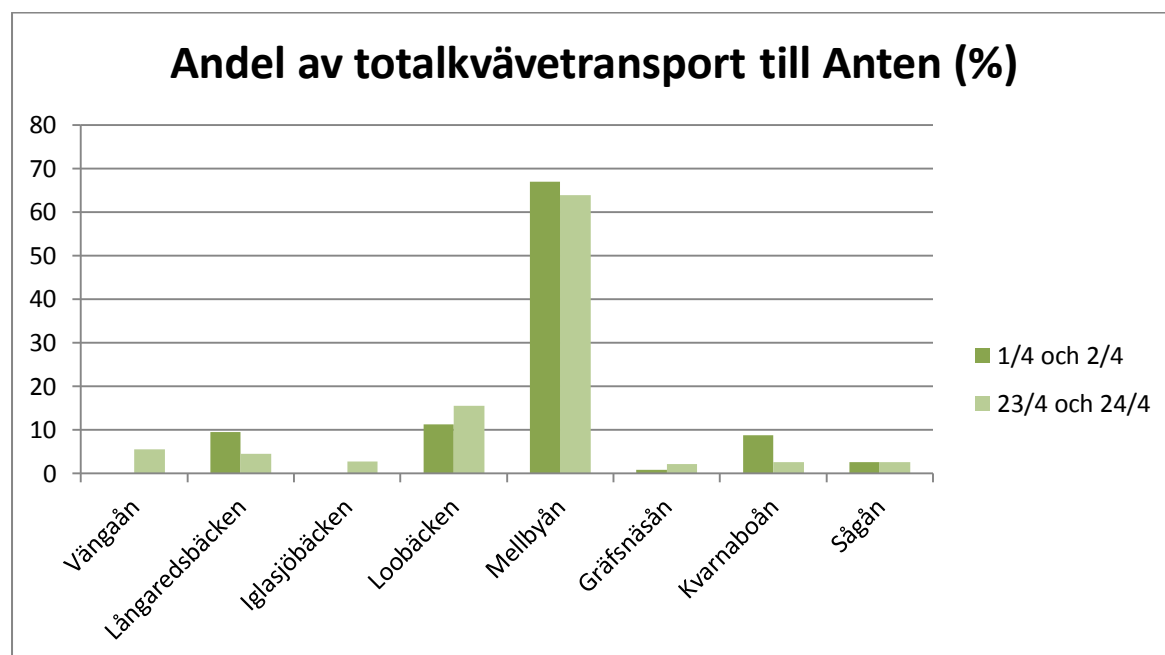
Masstransport av totalkväve visas i tabell 15. Vid det första provtagningsstillfället var den sammanlagda transporten av totalkväve 1 600 gram per timme. Vid det andra tillfället var

motsvarande siffra 9 171 gram per timme. Med samma halter under ett helt år blir totalkvävetillförseln 14,0 ton respektive 8,83 ton.

Tabell 15. Transport av totalkväve. * ej mätbart flöde

Masstransport totalkväve (g/h)		
Provpunkt	1/4 och 2/4	23/4 och 24/4
1	0*	513
2	153	410
3	0*	261
4	181	1 431
5	66	125
6	0*	133
7	146	2 050
8	184	2 631
9	1 070	5 859
10	229	1 413
11	0*	0*
12	14	198
13	141	248
14	41	250
Totalt till Anten	1 600	9 171

Andelen av den sammanlagda mängden totalkväve som transporteras till Anten har beräknats för varje vattendrag, se figur 12. Vid båda tillfällena står Mellbyån och Loobäcken för det största procentuella bidraget av totalkväve.



Figur 12. Andel av totalkvävetransport till Anten i procentenheter

5. Analys och diskussion

Diskussionen har delats in efter de tre olika föroreningskällorna, fältundersökningar och åtgärder.

5.1. Åkermark

Enligt teoretiska uppskattningar uppgår utsläpp av totalfosfor från åkermark till 1 462 kilogram per år. Totalkväveutsläppen från åkermark uppgår till 138 708 kilogram per år. Dessa teoretiska beräkningar tar dock inte hänsyn till eventuell retention i Antens tillflöden. De läckagevärden för utsläpp från åkermark som använts visar på bruttobelastningen från åker till anslutande vattendrag. Uppskattningarna utgår alltså från att allt läckage från åkermark i avrinningsområdet transporteras till Anten. I praktiken kan det därför antas att belastningen på Anten är något lägre än de teoretiska uppskattningar som gjorts. Anledningen till att retention inte beaktas i denna uppskattning är att ingen tidigare studie har gjorts för att beräkna retentionsgraden i området kring Anten. Då retentionens storlek varierar stort mellan olika områden saknas generella schablonvärden för retention.

En osäkerhet gällande de läckagevärden för fosfor och kväve som använts är att information om odlade grödor i området inte har varit tillgänglig. Det hade varit ett mycket tidskrävande arbete att sammanställa information om odlade grödor i området. Istället användes ett medelvärde framtaget av SMED. Vid val av läckagevärde har samma jordart antagits för hela området. Detta därför att den tillgängliga jordartskarta som använder samma jordartsklasser som i SMED:s simuleringar, har en mycket grov indelning. I verkligheten kan lokala avvikelser förekomma.

Arealen åkermark har tagits fram från Alingsås kommuns geografiska databas. En liten del av den totala arealen åkermark har dock beräknats med hjälp av Eniros internetbaserade karttjänst. Utifrån Eniro var det inte möjligt att få exakta arealer eftersom markanvändningen i vissa områden inte var uppenbar.

Enligt SMHI:s Vattenwebb uppgår utsläppet av totalkväve inom Antens avrinningsområde från jordbruk till 82 403 kilogram per år och utsläppet av totalfosfor till 3 411 kilogram per år. Detta tyder på att de resultat som beräknats är i rätt storleksordning. Det är dock värt att ha i åtanke att SMHI:s simuleringar är kalibrerade för att ge ett rättvisande utsläpp till havet.

5.2. Avloppsreningsverk

Utsläppen av föroreningar från avloppsreningsverket, undantaget bräddningar, under 2012 beräknades till 43,4 kilogram totalfosfor och 6 194,4 kilogram totalkväve. Utöver detta bräddades 6 390 kubikmeter vilket motsvarar ett utsläpp på 18,5 kilogram totalfosfor och 173,5 kilogram totalkväve. Vid beräkning av utsläpp från bräddningar antas att allt bräddat vatten är outspätt orenat avloppsvatten. Detta ger en bräddningsbelastning som är större än

den verkliga. Tillskottet av totalkväve från bräddning är lågt i förhållande till utsläpp vid normaldrift medan tillskottet av totalfosfor är högt.

Totalt teoretiskt uppskattade utsläpp från åkermark, enskilda avlopp samt avloppreningsverk av totalfosfor uppgår till 3 114 kilogram per år. Även med ett högt beräknat utsläpp vid bräddningar står avloppsreningsverket för två procent av det totala totalfosforutsläppet. Avloppsreningsverkets andel av det totala kväveutsläppet uppgår till fyra procent, vilket är väldigt lite i jämförelse med de andra utsläppskällorna.

5.3. Enskilda avlopp

Det totala utsläppet av totalfosfor från enskilda avlopp i Antens avrinningsområde uppgår till 1 590 kilogram per år enligt de teoretiska uppskattningarna. Totalkväveutsläppet uppgår till 10 980 kilogram per år. Uppskattningarna bygger på avloppsinventering från Alingsås kommun samt schablonvärden från tidigare studier. Inte heller i dessa beräkningar har retention tagits i beaktning. Fördelningen mellan avloppstyper grundar sig på den avloppsinventering som Alingsås kommun löpande arbetar med. Dokumentationen från inventeringen är inte i första hand avsedd för bestämning av avloppstyper. Därför var informationen om avloppstyp och avloppets skick ibland bristfällig. Den information som fanns att tillgå var tillräcklig för att kunna göra en uppskattning av fördelningen mellan avloppstyper och skick bland de avlopp som inventerats hittills. Denna fördelning har sedan antagits gälla i hela avrinningsområdet.

Vid uppskattning av de enskilda avloppens utsläpp antas de avlopp som har bedömts som dåliga att ha en reningsgrad på noll procent. Det är svårt att utifrån den tillgängliga informationen avgöra en reningsgrad för ett dåligt avlopp, vilket medför att en reningsgrad på noll procent förmodligen är ett grovt antagande. Den verkliga reningsgraden kan vara högre vilket innebär att det beräknade utsläppet kan vara något i överkant.

Enligt SMHI:s Vattenwebb står de enskilda avloppen i Antens avrinningsområde för ett totalfosforutsläpp på 564 kilogram per år. Detta är ungefär en tredjedel av det teoretiskt uppskattade värdet på 1 590 kilogram per år. Det är värt att nämna att SMHI:s värden däremot stämmer bra överrens med det teoretiskt uppskattade utsläppet vid maximal rening, som beräknats till 490 kilogram per år. Kväveutsläppet från enskilda avlopp är enligt SMHI 4 182 kilogram per år. Även här skiljer sig det teoretiskt uppskattade utsläppet, 10 980 kilogram per år, i jämförelse med SMHI:s. Totalkväveutsläppet vid maximal rening uppgår till 5 360 kilogram per år, vilket ligger närmare SMHI:s värde.

5.4. Fältundersökningar

De laborationer som utförts för analys av totalfosfor- och totalkvävehalter har inte utförts av ackrediterat laboratorium. Detta innebär att analysresultaten kan vara något osäkra.

Resultaten av totalkväve jämfördes med värden från Alingsås kommuns årliga undersökning och var i de flesta fall ungefär lika stora. Totalfosforhalterna blev höga i jämförelse med Alingsås kommuns mätresultat (se bilaga 2 samt *Resultat av recipientkontroll 2011 – Snuskbäckar* av Alingsås kommun). De blev även höga i jämförelse med resultat från *Limnologiska undersökningar i Anten och Mjörn 2007-2008*. Detta är möjligt då halterna kan variera mycket under dagen och mellan dagarna. Enligt Djodjics artikel *Lerjord läcker mycket fosfor* sker en stor del av de årliga fosforutsläppen från åkermark vid höga vattenflöden, till

exempel vid snösmältning, vilket var fallet innan det andra mättillfället. Vid Vängån, Loobäcken uppströms och Iglasjöbäcken blev de uppmätta halterna ovanligt höga i jämförelse med mätningar från tidigare år. I alla andra provpunkter var halterna av totalfosfor något höga. De höga halterna kan bero på säsongsvariationer, mätfel eller att provtagning inte skett på exakt samma plats.

En procentfördelning av masstransporterna har beräknats och visar att Mellbyån står för ungefär två tredjedelar av vattendragens totalkvävetransport till Anten (se figur 12). Mellbyån dominerade även i totalfosfortransport med mellan 40 och 60 procent (se figur 11). I studien *Anten, en sjö hotad av eutrofiering?* uppskattade Hans Nyman att Mellbyån stod för 56 procent av den totala fosforbelastningen till Anten. I jämförelse med den beräknade fördelningen stämmer detta bra. Vid uppskattningen av Mellbyåns belastning kunde ingen massberäkning göras för provpunkt 11 (Mellbyåns mynning). Uppskattningen baseras istället på närmaste punkt uppströms (punkt 9). Loobäcken är det vattendrag som transporterar näst mest föroreningar, med runt 15 procent av den totala belastningen både för totalkväve och för totalfosfor. Sågån, Kvarnaboån och Gräfsnäsån, där Alingsås kommun inte genomför några provtagningar, belastar sjön med ungefär samma andel föroreningar som Iglasjöbäcken, där provtagningar genomförs.

Det finns en osäkerhet i masstransportberäkningarna. Resultaten från de två tillfällena skiljer sig stort. Vid det första tillfället kunde ett vattenflöde inte beräknas för alla bäckar vilket gör att deras belastning blev noll. Mätningarna som beräkningarna baserats på utfördes inte under samma dag. Vid ett idealiskt mätningstillfälle skulle alla mätningar utföras under samma dag för att få en bättre momentan bild över masstransporten. Metoden beaktar inte utsläpp av kväve och fosfor från källor längs Antens stränder eller från små vattendrag. Den procentuella fördelningen gäller alltså bara mellan de tillflöden som har undersökts i studien.

Masstransportberäkningarna ger en uppfattning av belastningsförhållandena vid mättillfället, och är således inte rättvisa för en längre tidsperiod. Detta leder till en ytterligare osäkerhet när resultatet förstoras upp till ett helt år. Med förstorade resultat från de två mättillfällena fås utsläppen av totalkväve till 14,0 respektive 80,3 ton och totalfosfor 0,66 respektive 7,79 ton. Vid första mättillfället fanns det fortfarande mycket is vilket ger ett mätvärde som inte är representativt för hela året. Resultatet från det andra mättillfället för totalkväve ligger närmare det teoretiska beräknade värdet, men är fortfarande lågt. Däremot är resultatet för totalfosfor högre än det teoretiskt beräknade värdet. Fler mätningar hade gett ett medelvärde som är mer representativt för masstransporten i vattendragen.

De uppmätta halterna av *E. coli*-bakterier skiljer sig i flera fall mycket mellan de två mättillfällena. För att analysera de uppmätta halterna har ett referensvärde för bra badvattenkvalitet använts. Den enda provpunkt som vid båda tillfällena har *E. coli*-halter som överstiger gränsen för bra kvalitet för badvatten är Iglasjöbäcken. Mellbyån överskrider gränsen vid båda mätningarna, men vid olika provpunkter (se tabell 13).

5.5. Analys av resultat från fältundersökningar

Resultaten visar på att Mellbyån samt Loobäcken är de vattendrag som bidrar med mest kväve och fosfor till Anten. Utefter Mellbyån finns mycket åkermark samt mer än hälften av alla fastigheter med permanentboende utan kommunalt avlopp i avrinningsområdet (se bilaga 1). Medräknat i bidraget från Mellbyån är föroreningar från Mörlandaån, då den mynnar ut i Mellbyån. Avloppsreningsverket i Sollebrunn har ingen avgörande betydelse för föroreningen i Mellbyån med avseende på fosfor och kväve enligt data från avloppsreningsverket. Enligt

fältundersökningar flödar betydligt mer kväve från provpunkt nio (Mellbyån söder om Sollebrunn) än i provpunkt åtta (i Sollebrunn innan reningsverket). Detta kan inte enbart förklaras med Mörlandaåns tillskott av föroreningar, utan kan bero på reningsverket samt annan verksamhet i Sollebrunn. Samma resultat fås vid analys av fosfortransporten i Mellbyån.

Det går inte att dra några säkra slutsatser utifrån uppmätta *E. coli*-halter i Mellbyån då dessa varierar kraftigt mellan provtagningstillfällena. Det faktum att *E. coli*-bakterier finns i Mellbyån tyder på fekal påverkan. Det är dock svårt att koppla *E. coli*-utsläppen till en specifik källa. Mellan provpunkt 9 och provpunkt 11 (Mellbyåns mynning) kan inga analyser göras då ingen flödesmätning har varit möjlig att genomföra i provpunkt 11. De uppmätta halterna överensstämmer med Orakzais slutsats om att halterna av fosfor och kväve minskar i Mellbyåns södra del. En tänkbar anledning kan vara att sedimentering sker på grund av att vattenhastigheten i Mellbyåns mynning är låg.

Baserat på resultat från undersökningar av antal permanentboenden och åkermarksarealer går det inte att dra någon slutsats om orsakerna till Loobäckens kväve- och fosfortransport. *E. coli*-halterna är inte nämnvärt höga. Observera att skillnaden i föroreningstransport mellan Mellbyån och Loobäcken är påtagligt stor. Skillnaden mellan Loobäcken och resterande undersökta vattendrag är avsevärt mindre.

5.6. Åtgärder

Åtgärder går att genomföra mot de tre undersökta föroreningskällorna samt i vattendragen som mynnar i Anten. Vid åkermark kan skyddszoner upprätthållas vid vattendragen för att minska utsläppen. Andra studier har visat att olika odlingsmetoder kan kombineras för att minska utsläppen från åkermark.

Om fosforläckaget från åkermark reduceras med 25 procent skulle det totala fosforutsläppet i Antens avrinningsområde minska med tolv procent. Enligt *Fosforförluster* (Greppa Näringen, 2011) är det möjligt att minska fosforläckage från åkermark med upp till 25 procent utan att omfattande strukturförändringar genomförs. Om kväveläckaget från åkermarken skulle reduceras med 25 procent skulle det totala kväveutsläppet i Antens avrinningsområde minska med 22 procent. Huruvida en minskning av fosfor- och kväveläckaget med 25 procent i Antens avrinningsområde är rimlig är dock svårt att bedöma.

Upprustningen och inspektionen av de enskilda avloppen är en åtgärd som kommer att minska utsläppet av kväve och fosfor till Antens avrinningsområde. Enligt de teoretiska beräkningarna skulle en upprustning av alla avlopp till en godkänd nivå leda till en minskning av fosforutsläppet med 1,1 ton. Detta motsvarar 35 procent av dagens totala fosforbelastning från de tre undersökta källorna i avrinningsområdet. Kväveutsläppet skulle minska med 5,62 ton per år, vilket motsvarar 3,6 procent av det totala kväveutsläppet.

6. Slutsats

De teoretiska uppskattningarna visar att det sammanlagda fosforutsläppet till Anten är 3,1 ton per år. Av det sammanlagda utsläppet står åkermark för 47 procent, enskilda avlopp står för 51 procent och avloppsreningsverket i Sollebrunn står för två procent. Det vill säga att enskilda avlopp och åkermark är de största föroreningskällorna när det gäller fosfor. Bidraget från avloppsreningsverket är marginellt i jämförelse med bidraget från åkermark och enskilda avlopp. Det totala kväveutsläppet från de tre studerade källorna till Anten uppgår enligt de teoretiska uppskattningarna till 156,1 ton per år. Åkermarken är den dominerande föroreningskällan med 89 procent av det totala kväveutsläppet. De enskilda avloppen står för sju procent och avloppsreningsverket i Sollebrunn står för fyra procent av det totala kväveutsläppet.

Fältundersökningarna som har genomförts i vattendragen kring Anten visar att transporten av kväve och fosfor varierar stort mellan olika provtagningstillfällen. Resultaten av fältundersökningarna skall därför ses som momentan bild av transporten till Anten. Från det första mättillfället kan ingen rättvisande bild ges, eftersom flera av vattendragen var istäckta. Vid fältundersökningarna som genomfördes i slutet av april var förutsättningarna bättre och den totala transporten av fosfor till sjön beräknades till 889 gram per timme. Mellbyån stod för cirka 60 procent av den totala transporten, Loobäcken stod för 13 procent och Vängaån stod för nio procent. Den totala kvävetransporten vid samma tillfälle var 9 171 gram per timme. 64 procent av den totala transporten kom från Mellbyån och 16 procent kom från Loobäcken.

För att få en mer rättvisande bild av transporten av fosfor och kväve skulle massberäkningar vid fler tillfällen över en längre tid behöva göras. Vid provtagningstillfällena bör alla provtagningar utföras under samma dag. Framtida vattenprover bör analyseras av ackrediterat laboratorium för att få noggrannare resultat.

Mellbyån är, enligt studien, det vattendrag som transporterar mest kväve och fosfor till Anten, vilket medför att åtgärder bör utföras där. Även vid Loobäcken borde åtgärder genomföras, eftersom vattendraget bidrar med en betydande del av tillförseln av kväve och fosfor. Åtgärder som kan sättas in vid vattendrag är till exempel anläggning av dammar och våtmarker.

Enligt den teoretiska uppskattningen bidrar åkermark med cirka hälften av fosforutsläppen och största delen av kväveutsläppen. Därför är det viktigt att se över möjligheten att minska utsläppen från åkermark. Tidigare studier visar att skyddszoner samt ändrade jordbruksmetoder kan reducera kväve- och fosforutsläppen.

Det finns stor potential att minska utsläppen från enskilda avlopp genom att se till att alla avlopp i Antens avrinningsområde uppfyller en godkänd nivå enligt Alingsås kommuns avloppsinventering. Uppföljning av inventeringen är en viktig del i detta. Om alla enskilda avlopp åtgärdas kan, enligt de teoretiska uppskattningarna, det totala bruttoutsläppet av fosfor från de tre undersökta källorna i Antens avrinningsområde minska med 35 procent.

Källförteckning

Abrahamsson, I. et al. (2009) *Limnologiska undersökningar i Anten och Mjörn 2007-2008*. Mölnlycke: Medins Biologi AB.

Alingsås kommun (2013) *Kommunalt avlopp*. <http://www.alingsas.se/> (2013-02-12).

Alingsås kommun (2010) *Alingsås miljömål 2011-2019 med detaljerade mål för 2011-2013*. Alingsås: Alingsås kommun.

Alingsås miljöskyddskontor (2011) *Resultat av recipientkontroll 2011 - Snuskbäckar*. Alingsås: Miljöskyddskontoret.

Alingsås miljöskyddskontor (2012) *Antal enskilda avlopp i Antens avrinningsområde*. Alingsås: Miljöskyddskontoret. (Internrapport 2012).

Bengtsson, G. och Holmqvist, J. (2009) *Samband mellan åtgärder mot övergödning och ekologiska effekter i vattendrag – en litteraturstudie*. Stockholm: SWECO

Blombäck, K. et al. (2011) *Läckage av näringsämnen från svensk åkermark för år 2009 beräknat med PLC5-metodik*. Norrköping: SMED. (Rapport 57).

Brandt, M., Ejhed, E. och Rapp, L. (2008) *Näringsbelastning på Östersjön och Västerhavet 2006*. Stockholm: Naturvårdsverket. (Rapport 5815).

Brånvall, G. et al. (2006) *Indata mindre punktkällor för PLC5 rapporteringen 2007*. Norrköping: SMED. (SMED rapport nr 1).

Brånvall, G. och Svanström, S. (2011) *Teknikuppgifter och avloppsnät för reningsverk 2010*. Norrköping: SMHI. (SMED rapport nr 51).

Bydén, S. (2011) *Dammar vid Anten*. Göteborg: Melica.

Bydén, S., Larsson, A-N. och Olsson, M. (2003) *Mäta Vatten – undersökningar av sött och salt vatten*. Tredje upplagan. Göteborg: Göteborgs universitet. Institutionen för miljövetenskap och kulturvård.

Christensen, J., Johansson, M. och Palmér Rivera, M., (2008) *Planera vatten och avlopp. Vad lagen säger och hur den kommunala planeringen kan gå till*. Malmö: Länsstyrelsen i Skåne län. (Rapport 2008:44).

Djordjic, F. (2001) Lerjord läcker mycket fosfor. *Fakta Jordbruk*, nr 13, ss. 1-4

- Ejhed, H. et al. (2011) *Beräkning av kväve- och fosforbelastning på vatten och hav för uppföljning av miljö kvalitetsmålet "Ingen övergödning"*. Norrköping: SMHI. (Rapport 56).
- Eriksson, J., Andersson, A. och Andersson, R. (1999) *Åkermarkens matjordstyper*. Stockholm: Naturvårdsverket. (Rapport 4955).
- Greppa näringen (2011) Fosforförluster. *Greppa Neringen*.
<http://www.greppa.nu/uppslagsboken/naringpaakern/fosforforluster>. (2013-02-12).
- Hallin, A-K., (2007) Grönträda gav minskat näringsläckage. *Sveriges lantbruksuniversitet*.
<http://www.slu.se>. (2013-05-18).
- Havs- och vattenmyndigheten (2012) Övergödning. *Havs och vattenmyndigheten*.
<https://www.havochvatten.se/Kunskap-om-vara-vatten/miljohot/overgodning.html>. (2013-03-01).
- Hägström, S. (2009) *Hydraulik för samhällsbyggnad*. Stockholm: Liber.
- Johansson, H. et al. (2008) *Läckage av näringsämnen från svensk åkermark, Beräkningar av normalläckage av kväve och fosfor för 1995 och 2005*. Stockholm: Naturvårdsverket. (Rapport 5823).
- Jordbruksverket (2013a) Jordbruket och övergödningen. *Jordbruksverket*.
<http://www.jordbruksverket.se> (2013-02-01).
- Jordbruksverket (2013b) När du sprider gödsel – bestämmelser som gäller i hela landet. *Jordbruksverket*. <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/vaxtnaring>. (2013-03-01).
- Liljelund L-E. och Marklund H. (2008), *Naturvårdsverkets föreskrifter och allmänna råd om badvatten*. Stockholm: Naturvårdsverket (NFS 2008:8).
- Liss, B. (2003) *Kvantifiering av kväve- och fosforbelastning från enskilda avlopp*. Uppsala: Uppsala Universitet. (Examensarbete inom Institutionen för geovetenskaper).
- Marklund, H. och Westman, S. (2008) *Vattenföringsbestämningar inom miljöövervakningen*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Miljöskyddsnämnden (2009) *Riktlinjer för enskilda avloppsanläggningar*. Alingsås: Alingsås kommun.
- Naturvårdsverket (1993) *Eutrofiering av mark, sötvatten och hav*. Stockholm: Naturvårdsverket. (Rapport 4134).
- Naturvårdsverket (1995) *Vad innehåller avlopp från hushåll?* Stockholm: Naturvårdsverket. (Rapport 4425).
- Naturvårdsverket (1999) *Bedömningsgrunder för miljö kvalitet - sjöar och vattendrag*. Stockholm: Naturvårdsverket. (Rapport 4913).

Naturvårdsverket (2006a) *Planera för avlopp*. Stockholm: Naturvårdsverket. (Faktablad 1, 9164-6).

Naturvårdsverket (2006b) *Tilloppsledningar, Slamavskiljare, Fördelningsbrunnar*. Stockholm: Naturvårdsverket. (Faktablad 3, 9166-2).

Naturvårdsverket (2006c) *Infiltrationsanläggningar*. Stockholm: Naturvårdsverket. (Faktablad 4, 9575-7).

Naturvårdsverket (2006d) *Markbädd*. Stockholm: Naturvårdsverket. (Faktablad 5, 9168-9).

Naturvårdsverket (2007) *Status, potential och kvalitetskrav för sjöar, vattendrag, kustvatten och vatten i övergångszon*. Stockholm: Naturvårdsverket (Handbok 2007:4).

Naturvårdsverket (2008) *Rening av avloppsvatten i Sverige 2008*. Stockholm: Naturvårdsverket.

Nordström, K. (2003) *Skyddszoner och våtmarker i jordbrukslandskapet*. Oxunda vattenvårdsförbund. (Rapport 2003:3).

Nyman, H. (1996) *Anten, en sjö hotad av eutrofiering? En limnologisk undersökning*. Vänersborg: Länsstyrelsen i Älvsborgs län.

Orakzai, M S. (2008) *A framework based on ecosystem service valuation for the provision of good ecological status in the Mellbyån river*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola. (Examensarbete inom Institutionen för Bygg- och miljöteknik).

SCB, Hushållens ekonomi (2013) http://www.scb.se/statistik/_publikationer/ (2013-04-12).

SMHI (2013) *Vattenwebb*. <http://www.smhi.se> (2013-02-14).

Smittskyddsinstitutet. (2010) Sjukdomsinformation om Escherichia coli-infektioner i tarmen. <http://www.smittskyddsinstitutet.se/sjukdomar/enterohemorragisk-e-coli-infektion/> (4 mars 2012).

Vattendirektivet EU (2000) *Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG*. Europeiska gemenskaparnas officiella tidning (2000-12-22).

Vattenkartan (2013) <http://www.viss.lansstyrelsen.se/> (2013-05-02).

Vattenmyndigheten (2010) *Förvaltningsplan Södra Östersjöns vattendistrikt*. <http://www.vattenmyndigheten.se/Sv/sodra-ostersjon/beslut-fp/paverkansanalys/Pages/paverkansallor.aspx> (2013-02-21).

Vattenmyndigheterna (2013) <http://www.vattenmyndigheterna.se> (2013-05-02).

WISE (2008) *Interkalibrering: en gemensam skala för Europas vatten 2008*. (Vatteninformation nr 7).

Bilagor

Bilaga 1.

I tabell 1 presenteras en uppskattning av antal permanentbostäder med enskilt avlopp. Antalet fastigheter är det antal som antas påverka vattendragen mellan respektive provpunkt och närmast uppströms belägna provpunkt.

Tabell 1. Antal permanent bebodda fastigheter med enskilt avlopp

Provpunkt	Antal fastigheter
1	110
2	44
3	64
4	85
5	0
6	8
7	154
8	81
9	4
10	172
11	55
12	4
13	12
14	25
Summa	818

Bilaga 2.

Följande tabeller visar resultatet från Alingsås kommuns miljöskyddskontors undersökning av vattenkvaliteten i kommunen från april 2013.

Tabell 1. Totalfosforhalter uppmätta vid vattenprovtagningen den 17 april 2013.

Totalfosforhalter	
Vattendrag	Halter (mg/l)
Mellbyån nedströms (A)	0,11
Mellbyån uppströms (B)	0,10
Vängaån	0,039
Loobäcken nedströms (A)	0,066
Loobäcken uppströms (B)	0,044
Mörlandaån	0,083
Iglasjöbäcken	0,032

Tabell 2. Totalkvävehalter uppmätta vid vattenprovtagningen den 17 april 2013.

Totalkvävehalter	
Vattendrag	Halter (mg/l)
Mellbyån nedströms (A)	2,5
Mellbyån uppströms (B)	1,9
Vängaån	1,0
Loobäcken nedströms (A)	1,5
Loobäcken uppströms (B)	1,5
Mörlandaån	1,7
Iglasjöbäcken	0,97

Bilaga 3.

Tabell 1 visar fördelningen mellan olika avloppstyper bland de inventerade avloppen i Alingsås kommuns avloppsinventering. I vissa fall omhändertogs toalettwater (WC) och bad-, disk- och tvättwater (BDT) på olika sätt, detta redovisas också i tabellen. Avlopp som går till en sluten tank har antagits ha 100 procent rening. Mulltoa har antagits ha noll procent rening. Kommunala avlopp bidrar inte till utsläppen från enskilda avlopp och har därför antagits ha en reningsgrad på 100 procent. Ingen rening, enligt tabellen, innebär att avloppet i fråga inte har haft någon reningsanläggning och har antagits ha en reningsgrad på noll procent. Övriga varianter har antagits ha de reningsgrader som anges i rapporten.

Tabell 1. Fördelning av avloppstyper

Avloppstyp	Dålig		Bra	
	Antal	Andel	Antal	Andel
Enbart slamavskiljare	61	0,171	46	0,129
Infiltrationsbädd	0	0,000	0	0,000
Markbädd	0	0,000	1	0,003
Slam + Infiltrationsbädd	30	0,084	84	0,235
Slam + Markbädd	17	0,048	51	0,143
Stenkista/rensbrunn	10	0,028	10	0,028
Okänd	2	0,006	53	0,148
Till sluten tank	0	0,000	4	0,011
Nya (tillstånd < 10 år)	0	0,000	37	0,104
Kontroll ej genomförd	14	0,039	95	0,266
Ingen rening	5	0,014	0	0,000
Kommunalt	0	0,000	7	0,020
WC i tank, BDT slam	1	0,003	0	0,000
WC tank, BDT slam + inf	3	0,008	15	0,042
WC tank, BDT stenk.	1	0,003	1	0,003
Mulltoa, BDT tank	1	0,003	2	0,006
Mulltoa, BDT stenkista	0	0,000	6	0,017
Mulltoa, BDT slam + inf	0	0,000	1	0,003

