



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

Fosfor- och kvävefraktioner i miljöövervakningen

En studie av bohuslänska vattendrag



Rapportnr: 2008:86

ISSN: 1403-168X

Redaktör: Ragnar Lagergren

Examensarbete utfört av Elin Ruist, Göteborgs universitet.

Handledare: Ragnar Lagergren, Länsstyrelsen Västra Götalands län och Johan Höjesjö,

Zoologiska institutionen vid Göteborgs universitet

Utgivare: Länsstyrelsen i Västra Götalands län, vattenvårdsenheten

Rapporten finns som pdf på www.lansstyrelsen.se/vastragotaland.se under Publikationer/Rapporter.

Fosfor- och kvävefraktioner i miljöövervakningen

En studie av bohuslänska vattendrag

Elin Ruist

*Examensarbete vid Zoologiska institutionen
Göteborgs universitet 2008*



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN



GÖTEBORGS
UNIVERSITET

Förord

Längs den bohuslänska kusten mynnar ett stort antal vattendrag som för med sig näringsämnen i form av fosfor och kväve till kustvattnet. Höga halter av näring i vattendragen bidrar till att kustvattnen får problem med övergödning. För att kunna bedöma tillståndet och utvecklingen av näringsämnestransporterna i vattendragen har länsstyrelsen i Västra Götalans län ett provtagningsprogram där fosfor och kväve mäts i 35 små och medelstora vattendrag. Underlaget används för att utvärdera de nationella och regionala miljömålen för fosfor och kväve och för att klassa vattendragen enligt EG:s ramdirektiv för vatten.

I 15 av dessa vattendrag har sedan 2004 vattenanalyserna fördjupats genom att även fraktionerna ammonium (NH_4^+) och nitrat (NO_3^-) av kväve och fosfat (PO_4^{3-}) av fosfor har mätts. Den främsta anledningen att man lade till dessa extraanalyser var för att SMHI behövde bättre dataunderlag för kalibrering av kustzonsmodellen, en modell som teoretisk beräknar belastningen av fosfor och kväve till havet.

Elin Ruist genomförde under vårterminen 2008 ett examensarbete vid Länsstyrelsens vattenvårdsenhet för att utvärdera extraanalysernas användbarhet även i länets egna miljöövervaknings- och åtgärdsarbete mot övergödning. Examensarbetet omfattar 15 hp och skrevs inom ekologisk zoologi på Zoologiska Institutionen vid Göteborgs Universitet.

Ragnar Lagergren
/Vattenvårdsenheten/

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Syfte	3
Näringsämnen	3
Fosfor och kväve som mätparametrar	8
Antropogen påverkan	9
Frågeställningar	10
Insamling, behandling och statistisk analys av data	11
Resultat	16
I. Skillnad i fraktionsandel mellan vattendragen	16
II. Årstidsvariation	18
III. Korrelation till tot-N respektive tot-P	19
IV. Inverkande faktorer i avrinningsområdet	20
V. Vattendragens N/P-kvot	21
Diskussion	22
I. Skillnad i fraktionsandel mellan vattendragen	22
II. Årstidsvariation	22
III. Korrelation till tot-N respektive tot-P	24
IV. Inverkande faktorer i avrinningsområdet	25
V. Vattendragens N/P-kvot	27
Kompletterande kommentarer	29
Förslag på vidare studier	30
Hur kan fraktionerad mätdata av fosfor och kväve tillämpas i miljöövervakningsarbetet?	33
Slutsatser	34
Tack	36
Referenser	37
Källor	38

Bilaga 1. Översiktstabell för vattendragen

Bilaga 2. Exempel Färlev älv

Sammanfattning

Det höga läckage av näringsämnen vi ser i bebodda områden runt om i världen beror till störst del på människans sätt att utnyttja marken och jordens naturresurser. I våra vattenmiljöer ger detta upphov till övergödning med igenväxning, algbloomning, syrefria bottenar och en minskad biologisk mångfald som följd. I vattendrag transporteras stora mängder näringsämnen från inlandet till havet och transporten av näringsämnen påverkar också ekosystemet i kustvattnet och ger bl a upphov till massförekomst av fintrådiga alger och algbloomningar. Övergödning beror särskilt på en stor tillgång av näringsämnena fosfor och kväve som oftast är de begränsande näringsämnena i akvatiska miljöer. Det är bara som lös oorganisk näring i form av fosfat-P, nitrat-N och ammonium-N som fosfor och kväve kan tas upp av växter. Vanligtvis ingår tot-P och tot-N som mätparametrar i den traditionella miljöövervakningen i limniska miljöer, men även delfraktionerna fosfat-P, nitrat-N och ammonium-N förekommer.

I detta arbete framgår det att fraktionerad mätdata av fosfor och kväve är mycket användbar inom miljöövervakningsarbetet och även som underlag i arbetet med att föreslå åtgärder för att minska näringsämnesläckaget. Vid en effektuppföljning av en åtgärd med syftet att minska läckaget av näringsämnen kan vattenkemiska parametrar användas och möjligheten att mäta åtgärdens effekt ökar vid fraktionerad mätdata av fosfor och kväve i jämförelse med mätningar av endast tot-P och tot-N. Fraktionerad mätdata av fosfor och kväve kan fungera som underlag i arbetet med att föreslå åtgärder för att minska näringsämnesläckaget eftersom en specifik åtgärd ofta är mer effektiv på att reducera vissa näringsformer mer än andra. Det finns många faktorer som påverkar variationen av fosfat-P, ammonium-N och nitrat-N, vilket gör det intressant att inkludera fraktionerad mätning av fosfor och kväve i miljöövervakningen. Genom att mäta delfraktioner av fosfor och kväve skapas en unik och mer detaljrik bild av näringstillgång och näringstransport i varje enskilt vattendrag.

Studien baseras på mätdata av fraktionerad fosfor och kväve för 17 mätstationer i bohuslänska vattendrag, vilka ingår i ett regionalt miljöövervakningsprogram som samordnas av Länsstyrelsen i Västra Götalands Län

Resultaten i arbetet visar att andelen fosfat-P, ammonium-N och nitrat-N skiljer sig signifikant mellan vattendragen. Det finns en signifikant årstidsvariation för både fosfor och kväve. Fosfat-P tycks endast ha en tydlig årstidsvariation i de större vattendragen. Resultaten visar att en rad faktorer, så som hygge, öppen mark och dagvatten samt flödesvariation har en signifikant påverkan på andelen av kvävefraktionerna. Variationen av andelen fosfat-P och nitrat-N kan till viss del förklaras av halten tot-P respektive tot-N. Detta beror antagligen på att den antropogena belastningen främst förekommer i lös oorganisk form och är tydligt märkbar i Bohuslän. Generellt för de bohuslänska vattendragen är att N/P-kvoten är ovanligt låg, med en trend från en mer normal kväve-fosforbalans i norr till förhållanden med kväveunderskott i söder. Antagligen beror detta på ett stort läckage av fosfor som inte står i förväntad proportion till läckaget av kväve.

Vidare bör processer och orsaker bakom det mycket höga fosforläckaget i Bohuslän utredas. Det vore också intressant att studera kopplingen mellan vattendragens näringstransport och eutrofieringen i deras recipienter; havsvikar och de innersta delarna av kustvattnet.

Inledning

Examensarbetet omfattar 15 hp och skrevs inom ekologisk zoologi, Zoologiska Institutionen vid Göteborgs Universitet. Det var externt förlagt och utfördes under våren 2008 på Länsstyrelsen i Västra Götaland, vattenvårdsenheten i Göteborg.

Vattendrag transporterar stora mängder näringsämnen från inlandet till havet, det är människans sätt att leva och utnyttja marken och jordens naturresurser som ger upphov till en stor del av läckaget och transporten av näringsämnen. En medelstor Bohuslänsk å transporterar ungefär 15-30 ton kväve och 1-3 ton fosfor årligen till kustvattnet. Denna transport av näringsämnen har en stark inverkan på ekosystemet i kustvattnet. Omvandling, lagring och friläggning av näringsämnen involveras i de dynamiska processer som sker genom transporten i vattendraget. Dessa spelar roll för den storskaliga näringsämnesbudgeten och påverkar graden av övergödning i såväl den limniska miljön som i recipienten, kustvattnet. Detta gäller särskilt för fosfor och kväve eftersom behovet av dessa oftast är större än tillgången vilket begränsar den biologiska produktionen. En stor tillgång på dessa kan ge upphov till kraftig tillväxt av fintrådiga alger och algbloomningar i sjö- och kustvatten.

Näringsämnen tillförs ett vattendrag från dess avrinningsområde genom avrinning på markytan och i markskiktet, från grundvatten (basflöde) samt från atmosfäriskt nedfall och punktkällor. Kvantiteten av näringsämnen i ett vattendrag bestäms främst av bergart, vegetationstäckning, vattendragets storlek och inte minst antropogena aktiviteter i avrinningsområdet.

Det är bara i form av fosfat-P, nitrat-N och ammonium-N som fosfor och kväve kan tas upp av växter som sedan inkorporeras i organiskt material genom primärproduktionen och vidare i näringskedjan för att sedan mineraliseras genom exkretion och nedbrytning av organiskt material till lös oorganisk näring igen.

Bohusbäckar är ett regionalt miljöövervakningsprogram för kustnära vattendrag med fokus på transport av näringsämnen i form av kväve och fosfor till havet. För hälften av vattendragen som ingår i programmet har man sedan år 2004 utökat mätningarna med fraktionerad fosfor och kväve i form av fosfat-P, ammonium-N och nitrat-N. Den största anledningen till att man började mäta dessa fraktioner var att SMHI ville ha bättre dataunderlag för kalibrering av kustzonsmodellen, en biogeokemisk modell som beräknar belastningen av kväve och fosfor till havets kustområden. Det är dessa provtagningsdata, av ammonium-N, nitrat-N och fosfat-P, för åren 2004-2007, som är objekt för examensarbetet.

Syfte

Syftet med examensarbetet är främst att analysera om mätning av fraktionerad näring i form av fosfat-P, ammonium-N och nitrat-N kan tillföra ytterligare användbar information i miljöövervakningsarbetet och i arbetet med att föreslå åtgärder för att minska näringsämnesläckaget.

Näringsämnen

De näringsämnen det finns störst efterfrågan på tas snabbt upp av vegetationen vilket resulterar i en kort transport och en snabb omsättning i relation till näringsämnen som är mindre kritiska. Ju mer produktivt ett ekosystem är desto snabbare cirkulerar näringsämnena, de har en kortare omsättningstid än i ett lågproduktivt system.

Näringsämnenas omvandlingsdynamik kompliceras av olika abiotiska mekanismer som styr koncentrationen av näringsämnen och i vilka oorganiska former de befinner sig i. Kväves cykel kompliceras av de bakteriella processer som till stor del styr omvandlingen mellan de olika kväveformerna. För fosfors del kompliceras processen av förmågan att komplexbinda till metaller och partiklar, vilket i sin tur innebär en ständig transport mellan vattenmassa och sediment.

I limniska system är det i regel fosfor som är det begränsande näringsämnet. En anledning till att fosfor är begränsande är att avrinningsvattnet från icke-förorenade avrinningsområden generellt innehåller upp till 30 gånger så mycket kväve som fosfor. Fosfor tillförs sakta från vittring av berggrunden och den naturliga tillförseln är långsammare för fosfor än för kväve.

Det optimala förhållandet mellan substansmängden kol, kväve och fosfor för planktonalgers tillväxt är 106:16:1 (C:N:P). N/P kvoten anger förhållandet mellan substansmängden kväve och fosfor (16:1) och om kvoten avviker från 16 anses tillväxten av planktonalger vara begränsad. Om N/P-kvoten överstiger värdet 16 anses fosfor vara den begränsande faktorn. Däremot anses kväve vara den begränsande faktorn för planktonalgernas tillväxt då N/P-kvoten understiger värdet 16. Räknat som en viktskvot ligger i stället detta gränsvärde på 7. När kväve är i underskott kan tillväxten av cyanobakterier gynnas, då dessa har en förmåga att själva fixera kväve direkt från luften. Massförekomst av cyanobakterier är ett typiskt problem i kraftigt eutrofierade vattenmiljöer

När man tittar på närsalter i den marina miljön är det de lösta oorganiska fraktionerna av fosfor och kväve man mäter som potentiell tillväxtnäring för primärproduktionen. DIN/DIP kvoten anger förhållandet mellan oorganiskt kväve (nitrit-N, nitrat-N, ammonium-N) och oorganiskt fosfor (fosfat-P). Alltså en N/P-kvot för den del av näringen som är direkt tillgänglig för levande organismer. Det är under vintern konsumtionen är som lägst och då byggs det upp ett förråd av näringsämnen som den kommande vårens och sommarens alger har att tillgå. Därför kan vintervärden av DIN och DIP ses som ett mått på potentialen av algernas tillväxt under nästkommande vegetationsperiod. Instängda havsvikar har ofta förhöjda närsaltshalter i och med att vattenutbytet är begränsat vilket gör dem extra känsliga för tillförseln av näringsämnen.

Sjöar och våtmarker har en renande effekt och kallas ibland för *naturliga reningsverk* eftersom det är här som de bakteriella processerna och sedimentationen främst äger rum.

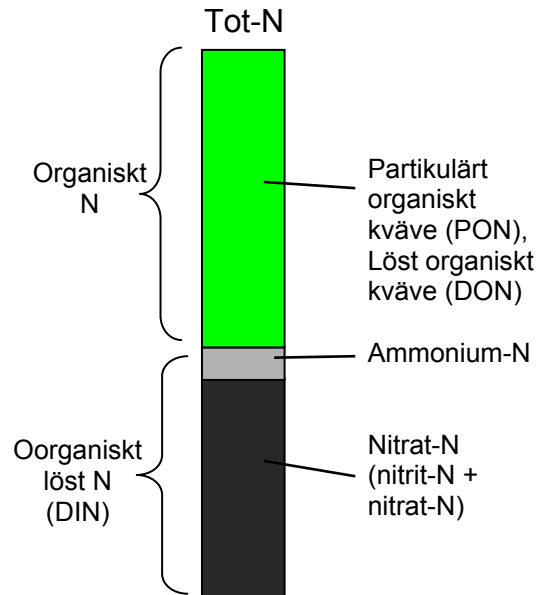
Vattenflödet har en kraftig påverkan på koncentrationen av näringsämnen. Flödet kan ha både en utspädande och en koncentrerande effekt exempelvis beroende på intensiteten i nederbörden och erosionsrisken. Vid tillfällen med storm kan erosionen öka kraftigt vilket leder till att partikulärt bunden näring kan frigöras mer än vanligt och transporten av näring i vattendraget ökar. En lågintensiv och långvarig nederbörd kan tänkas ha en mer utspädande effekt där läckaget mer sker i form av lösta näringsämnen. Ett vattendrag med kraftiga flödesfluktuationer har sannolikt kraftigare erosion längs vattendragets strandkanter, särskilt om de inte är bevuxna.

Kväve

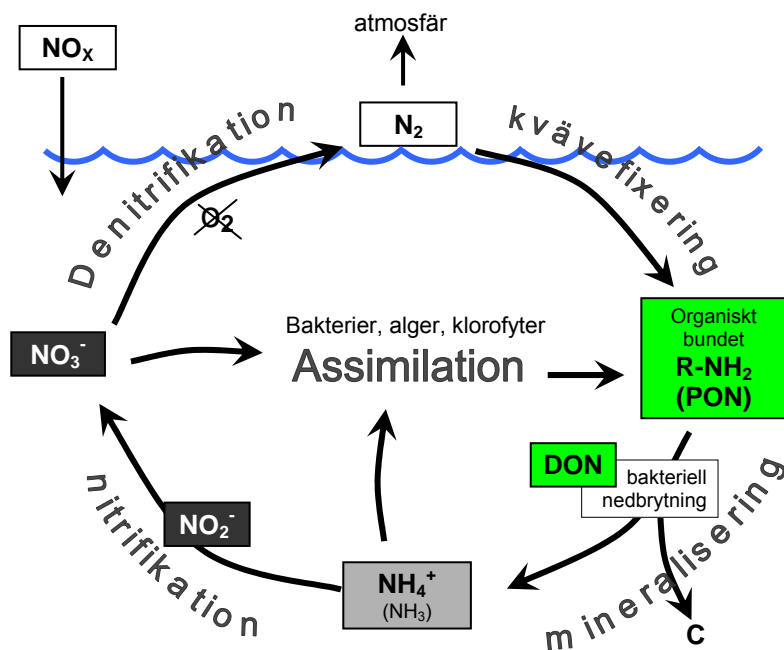
Det oorganiska kvävet (DIN, Dissolved Inorganic Nitrogen) förekommer i akvatiska ekosystem som ammonium-N, nitrat-N och nitrit-N (figur 1). Ammonium-N utgör ofta bara en liten del av DIN. Oftast inkluderar begreppet nitrat-N både nitrit-N och nitrat-N eftersom standardmetoder inte kan skilja nitrit från nitrat analyseras dessa fraktioner som en och rapporteras som nitrat-N, dessutom utgör nitrit-N en mycket liten del av tot-N. Ammonium-N tas lättare upp än nitrat-N, och är därmed mer biotillgängligt eftersom växter först måste omvandla nitrat-N till ammonium-N för fortsatt assimilation. Löst organiskt kväve (DON, Dissolved Organic Nitrogen) består av olika organiska beståndsdelar som aminosyror och andra organiska molekyler. Det partikulära organiska kvävet (PON, Particulate Organic Nitrogen) består av bakterier och detritus.

I naturliga och relativt opåverkade vattendrag utgör nitrat-N en liten del medan DON är den största fraktionen och kan utgöra upp till 90 % i arktiska och tropiska humösa vattendrag med hög organisk halt i jorden (Allan & Castillo 2007). I motsats till detta är nästan allt kväve i form av nitrat i världens största floder (Turner et al 2003).

Kvävecykeln är komplicerad eftersom kvävet finns i många olika kemiska former och eftersom bakteriell aktivitet har en central roll i omvandlingen mellan dessa (figur 2). En del av dessa omvandlingar sker genom assimilatoriskt upptag och kvävefixering, då kvävet inkorporeras i organiskt material för strukturell uppbyggnad. Detta sker genom att autotrofer och heterotrofer tar upp DIN. Andra omvandlingar sker genom dissimilation, energigivande reaktioner där kvävet används som bränsle eller oxideringsmedel, utan att inkorporeras i organiskt material. Det är bakterier som oxiderar ammonium-N till nitrat-N genom nitrifikation i en syrerik miljö. Nitrifikation kan vara en viktig källa till nitrat-N i ett vattendrag, processen bestäms av tillgången på ammonium-N, nitrifikationsbakterier och syrerikt vatten. Koncentrationen av nitrat-N påverkas av nitrifikationen i jorden uppströms. Den andra centrala bakteriella processen är denitrifikation där andra bakterier under anaeroba förhållanden omvandlar nitrat-N till kvävgas, denna process sker i markens vattenmättade zon. Denitrifikationen är en viktig väg för kväve ut ur systemet då kvävet i form av kvävgas åter förs till atmosfären.



Figur 1 De olika kvävefraktionerna som tillsammans utgör tot-N.



Figur 2 Förenklad bild av kvävetts akvatiska cykel.

Genom atmosfärisk deposition tillförs kväve främst i form av ammonium och nitrat. Grundvattnet kan tillföra betydande mängder kväve, främst i form av nitrat. När tillrinningen endast sker från grundvattnet, vid sk basflöde, är det läckage av jordlagren som står för den största tillförseln av kväve. Förhållandet mellan hur mycket vatten som tillförs från avrinningen av markytan och i markskiktet och hur mycket vatten som tillförs från grundvattnet orsakar spatiala skillnader av näringsämnen (Allan & Castillo 2007).

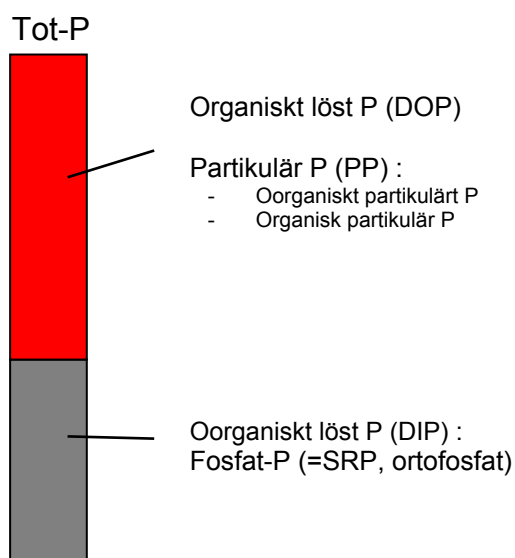
Kvävefixering är också en källa till kväve i akvatiska system. Kvävefixerande bakterier, främst cyanobakterier, kan omvandla atmosfäriskt kväve till ammonium-N i specialiserade celler, s k heterocyster. Detta blir tillgängligt för andra organismer genom en ökad bakteriebiomassa. Under kvävebegränsande omständigheter gynnas dessa organismer eftersom de kan omvandla kväve direkt från atmosfären.

Kvävetillförseln varierar under året med växtsäsong och hydrologi (Allan & Castillo 2007). Under vegetationsperioden är halten nitrat-N som lägst då den terrestra vegetationen tar upp kväve. När grundvattenytan stiger ökar läckaget från marken och vatten från grunda och kväverika markskikt förs ut via dräneringssystemen i jordbruksmarken. Läckaget blir särskilt stort under den kalla delen av året, när det inte finns någon vegetation som tar upp näringen i marken. Det är också då vattenflödet är som högst, under vinter och tidig vår.

Nedbrytningen av organiskt material i marken kan ackumulera nitrat-N som lakas ur marken vid snösmältning och storm, då kan ofta kan en topp i uppmätta halter observeras.

Fosfor

Den stora fosforreserven finns i litosfärens berggrund och sediment och tillförs sakta genom vittring. Fosforhalter är generellt högre i områden med sedimentära avlagringar och lägre i områden med kristallin berggrund, som t ex graniten i norra Bohuslän. Fosfor finns som byggsten i många mineral och ett särskilt fosforrikt sådant är apatit, avrinningen från områden med apatitrika bergarter kan därmed också ha högre fosforhalter.



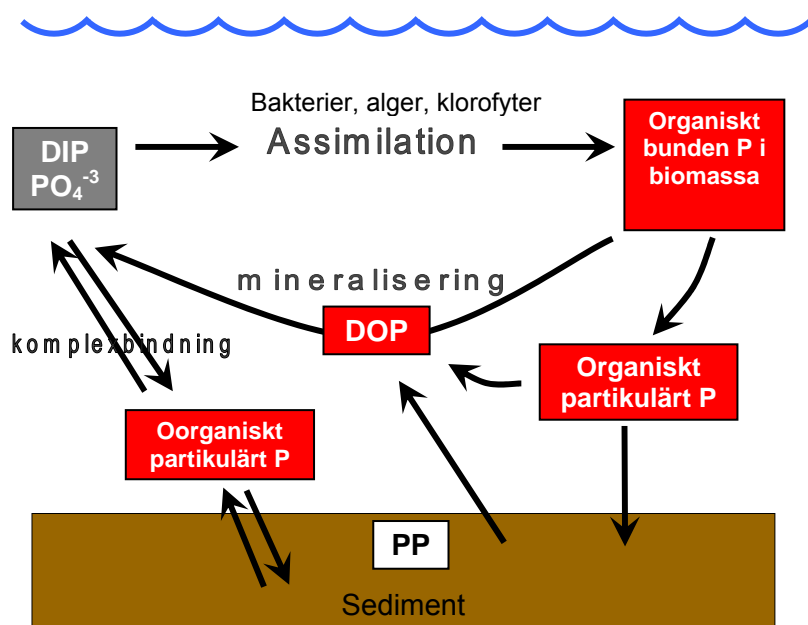
Figur 3 De olika fosforfraktionerna som tillsammans utgör tot-P.

I akvatisk miljö förekommer fosfor partikulärt och löst, i både oorganisk och organisk form (figur 3). Den partikulära fraktionen av det oorganiska kvävet är fosfor bunden till partiklar, främst till lermineral. Löst oorganiskt fosfor (DIP, Dissolved Inorganic Phosphorus) finns som ortofosfater och polyfosfater. Polyfosfater bryts ned till ortofosfat relativt snabbt. Ortofosfat kan också kallas fosfat-P, vilket är den beteckning som används här, eller SRP (soluble reactive phosphorus) vilket är en beteckning förknippad med analys. Analys av SRP-fraktionen inkluderar även en del polyfosfat (Allan & Castillo 2007). Partikulär organisk fosfor förekommer som bakterier och detritus. Det är endast i form av fosfat-

P som organismer kan ta upp fosfor. Därför är det en bra indikator på näring som är direkt tillgänglig och ger biologisk tillväxt.

Vegetationen tar upp fosfat-P som binds in i organiskt material. Vid nedbrytning av organiskt material och vid exkretion frigörs fosfor som fosfat-P och som organiskt löst fosfor. Organiskt löst fosfor bryts i sin tur ned till fosfat-P och blir därmed åter tillgängligt för växter (figur 4).

Fosfat-P adsorberas till fina partiklar därför är fosfortransport intimt förknippad med erosions- och sedimentationsprocesser. Fosfor som är bundet till partiklar kan transporteras resuspenderade i vattnet eller sedimentera. Fosfat-P har egenskapen att i en syrerik miljö binda starka komplex med metaller, främst Fe^{3+} och Al^{3+} som sedimenterar. Metallernas redoxpotential påverkas av pH och syrekoncentrationen. Vid syrefria förhållanden frigörs fosfor som då återmobiliseras till vattenpelaren. Det finns alltså ett vilande fosforlager i sedimenten som kan ge upphov till intern belastning. Detta sker i sjöar som är kraftigt eutrofierade med syrefria bottenar, men detta sker även naturligt under sommaren i djupa sjöar då språngskiktet håller hypolimnion, vattenmassan under språngskiktet, syrefattig. Makrofyter och bentiska alger kan hämta fosfat-P direkt från sedimenten och på så vis utnyttja detta fosforlager som näringskälla.



Figur 4 En förenklad bild av den akvatiska fosforcykeln.

I markskiktet bryts organiskt material ned och frigör fosfor som dels tas upp av den terrestra vegetationen och mikroorganismer i jorden och dels transporteras bort med markvattnet till mottagande vattendrag. Fosforinnehållet i de ytliga jordlagren påverkar fosforkoncentrationen i ytvavrinningsvattnet som når vattendraget. Vattenfårans närhet till fosforrika jordlager är också av betydelse.

Under växtsäsongen då mycket av fosfor finns uppbundet i biomassa är samtidigt vattenflödet ofta lågt vilket ofta ger höga koncentrationer fosfor. Då får punktkällor som enskilda avlopp extra stor betydelse, samtidigt är konkurrensen om tillgängligt fosfat-P som störst. Eftersom läckage av partikulärt bunden fosfor är associerat med erosionsprocesser ger kraftig nederbörd ofta höga halter av partikulär fosfor.

Fosfor och kväve som mätparametrar

Den enklaste och mest förekommande mätparametern för näringsämnen är tot-P och tot-N, där inkluderas alla former av fosfor respektive kväve. Analysen görs med fotometriska metoder. De vanligaste kompletterande mätparametrarna är idag fosfat-P respektive ammonium-N och nitrat-N (nitrat-N + nitrit-N), detta är de fraktioner som är direkt tillgängliga för vegetationen. Att analysera de organiska fraktionerna är mer komplext i jämförelse. Det är vanligast att mäta och analysera tot-P respektive tot-N som inkluderar alla former av fosfor respektive kväve. Eftersom näringen cirkulerar snabbt mellan dess olika kemiska former är dessa bra mått på den övergripande tillgängligheten av kväve respektive fosfor och på så vis produktionspotentialen. Vilken mätparameter som bäst kan ge ett mått på potentiell algtillväxt, antingen totalhalten av fosfor respektive kväve eller den biotillgängliga fraktionen av fosfor respektive kväve beror på näringens uppehållstid i ekosystemet. En lång uppehållstid innebär ett mer effektivt utnyttjande av näringen och då är tot-P respektive tot-N ett bättre mått än de biotillgängliga fraktionerna. Däremot i små vattendrag med korta uppehållstider kan mätning av de biotillgängliga fraktionerna vara ett bättre mått på produktionspotentialen. Vill man göra jämförelser mellan olika sorters ekosystem i större skala anses mätning av tot-P respektive tot-N vara att föredra (Allan & Castillo 2007).

Antropogen påverkan

Antropogen tillförsel av fosfor och kväve innefattar främst spridning av jordbruks gödsel, läckage av boskaps gödsel, förbränning av kolväten och avlopp. Jordbruket är ofta den ensamt största källan till både fosfor och kväve. Man kan dela in den antropogena belastningens ursprung i punktkällor och diffusa källor. Punktkällor är: kommunala och industriella reningsverk, enskilda avlopp, anläggningar för stall gödsel, dagvatten, mm. Diffusa källor med antropogent ursprung är: jordbruks gödsel i form av handels gödsel och stall gödsel som sprids på åkrarna, den atmosfäriska depositionen, läckage från produktionsskog mm.

Reningsverk släpper ut fosfor i löst oorganisk form. Hälften av all fosfor i avloppsvatten utgörs av polyfosfater som finns i tvättmedel, detta bryts med tiden ned till fosfat-P. Det diffusa läckaget av fosfor är mest associerat med partikelbunden fosfor som transporteras som sediment, men det kan även ske i löst form.

Atmosfärisk deposition som följd av förbränning av kolväten bidrar också till övergödningen. Den antropogent orsakade depositionen har sitt ursprung både inom landet och i närliggande inomeuropeiska länder. En betydelsefull minskning har skett men depositionen är fortfarande stor och särskilt på Västkusten som har varit det värst drabbade området i landet. Depositionen är betydligt mer omfattande för kväve än för fosfor då den i huvudsak sker i form av olika kväveföreningar (NO_x).

Det tycks vara lättare att reducera fosfor än kväve eftersom fosfor är mer knuten till punktkällor än vad kväve är. Kväve är mer flyktigt och tillkommer allra främst som diffust läckage från jordbruksmark.

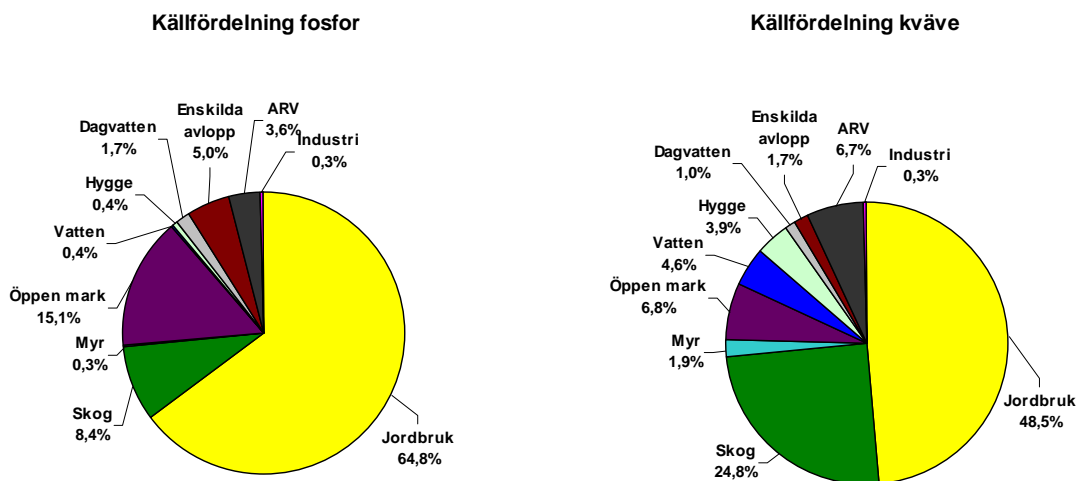
Handels gödsel, atmosfärisk deposition och avlopp kan tillsammans förklara nästan hela variationen i exporten av nitrat-N i en mängd globala vattendrag. Det visar att den antropogena påverkan är mycket stor när det gäller kväve. I bebodda områden är kvävekoncentrationen starkt influerad av markanvändningen, och ökar snabbt med andelen jordbruksmark (Allan & Castillo 2007). Nitrat-N ökar med andel odlad mark som markanvändning och minskar med ökad andel ängsmark (Giller & Malmkvist 2006)

Jordbrukets läckage av kväve består nästan enbart av nitrat-N. Exempelvis beräknas 86 % av läckaget från jordbruket vara i form av DIN och 14 % i form av organisk kväve i SMHIs hydrologiska modell för kväve och fosforläckage (Brandt SMHI). Nitrat-N är mycket lätttröligt och dräneras snabbt till mottagande vattendrag.

Även om en del av näringen tas upp av jordbruksgrödan innebär gödning allt som oftast ett läckage av näringsämnen. Läckaget är olika stort beroende på hur välanpassad givan är, vilken gröda som odlas, bruksmetoder (fångstgröda, vårplöjning), jordart, dränering mm. När gödning sker i stora mängder läcker betydande mängder näring ned genom markskiktet och via avrinning i markskiktet eller grundvattnet till mottagande vattendrag där halterna av främst nitrat förhöjs. Läckaget av näringsämnen beror också av åkermarkens kornstorlek. För kväve är läckaget störst vid stor kornstorlek som sand medan det för fosfor är tvärtom där läckaget är som störst i lerjordar bestående av partiklar med liten kornstorlek (SMED).

Erosionen av jordbruksmark är också av stor vikt för transporten av näringsämnen. Fosfor påverkas allra mest av erosion då detta ämne ofta är partikulärt bundet till fina partiklar. Bruksmetoder som fångstgröda på hösten, täckgröda mellan odlingsgrödan, vårplöjning istället för höstplöjning och upprättandet av kantzon längs vattendrag är alla exempel på åtgärder inom jordbruket som minskar transporten av näringsämnen ut till vattendragen. Vegetationstäcket spelar alltså en avgörande roll, dels genom sitt upptag av näringsämnen och dels genom att binda upp jorden. Markens lutning har också stor betydelse för erosionens omfattning, och särskilt när vattendragets stränder är branta.

Man har sedan en lång tid tillbaka fosforgödslat jordbruksmarken med stallgödsel och framförallt handelsgödsel. Man har då inte haft kunskapen att optimera givorna efter gröda och markförhållandena utan har istället ofta överdimensionerat dem. Fosfor binder till partiklar i jorden vilket har inneburit en upplagring av fosfor i många jordbruksmarker eftersom fosfor binder till fina partiklar i jorden. Även om fosforgivnan i dag är optimerad till växternas upptag kan en tidigare upplagring av fosfor i marken innebära ett läckage av fosfor som transporteras med dräneringsvattnet. Idag har det vuxit fram kunskap och metoder för att minska läckaget av växtnäringsämnen och för att optimera gödselgivorna, detta tillämpas också brett inom jordbruket.



Figur 5 visar den sammanlagda källfördelningen för fosfor respektive kväve för de vattendrag som ingår i studien (källa: SMED).

Även hos de vattendrag som ingår i denna studie är jordbruksmark den ensamt största källan till både fosfor och kväve (figur 5). Detta trots att jordbruket i Bohuslän bedrivs extensivt, även om mer intensivt jordbruk också förekommer på sina ställen. Skogen bidrar med en fjärdedel av kvävebelastningen.

Frågeställningar

Genom att analysera och bearbeta mätdata av fosfat-P, ammonium-N och nitrat-N prövas användbarheten av den information som fraktionsdata kan tillföra miljöövervakningen. Arbetet fokuseras på fem olika frågeställningar:

I. Skillnad i fraktionsandel mellan vattendragen

- Skiljer sig andelarna fosfat-P, nitrat-N och ammonium-N mellan vattendragen? Hur?

II. Årstidsvariation

- Varierar fraktionsandelarna under året? Hur?

III. Korrelation till tot-N respektive tot-P

- Korrelerar fraktionsandelarna med tot-P respektive tot-N?

IV. Inverkande faktorer i avrinningsområdet

- Går det att identifiera faktorer i avrinningsområdet som signifikant påverkar andelen av fosfor- och kvävefraktionerna i de olika vattendragen?

V. Vattendragens N/P-kvot

- Hur ser N/P-kvoten ut i vattendragen?

Insamling, behandling och statistisk analys av data

De vattendrag som har studerats är belägna i Bohuslän och mynnar ut i Skagerrak, från Strömsån som rinner ut i Strömstad i norr, till Glose å strax norr om Nordre älvs mynning i söder (figur 6). Bohuslän kännetecknas av mycket berg i dagen som bryter upp landskapet, vilket präglas av en mosaikstruktur av jordbruksmark och skog, där vall och betesmark utgör en stor del av jordbruksmarken. Jordtäcket är ofta mycket tunt och består av marina leror i dalar och under HK. Bohuslän är relativt sjöfattigt. Hos de vattendrag som ingår i studien är det skog som dominerar avrinningsområdenas yta och utgör 58 % av markanvändningen. Jordbruksmark och öppen mark utgör också stora ytor i området (figur 7). Öppen mark utgörs av berg i dagen och ogödslad vall. Markanvändningsdata är hämtad från SMED (Svenska MiljöEmissionsData).

Det regionala miljöövervakningsprogrammet *Bohusbäckar* startades 1988 och har samordnats av Länsstyrelsen i Västra Götalands län. För närvarande innefattas 36 vattendrag som mynnar i Skagerraks västkustvatten. Sedan 2004 ingår även fraktionerad näring i form av nitrat-N, ammonium-N och fosfat-P som mätparametrar för 14 av dessa vattendrag, varav ett av dem har två mätstationer (Broälven). De större vattendragen Bäveån och Örekilsälven ingår inte i detta program utan i det nationella miljöövervakningsprogrammet *flodmynningar*, där många fler parametrar analyseras. Även Enningdalsälven ingår i samma program men är ingen svensk flodmynning då den mynnar i Idefjorden på norskt mark, mätstationen för älven ligger i Norra Bullaren. Örekilsälven och Bäveån som mynnar i havet på västkusten är inkluderade i detta arbete med mätdata av fraktionerad fosfor och kväve som hämtas från programmets datavärd SLU för de aktuella åren 2004-2007. Därmed innefattar studien mätningar av fosfor- och kvävefraktioner från 17 mätstationer i Bohuslänska vattendrag.



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN