



Läckagebenägen fosfor i Kottlasjöns bottnar

Underlag för åtgärdsplanering, Lidingö kommun 2015



Läckagebenägen fosfor i Kottlasjöns bottnar

Författare: Anna Gustafsson och Emil Rydin
2015-11-27
Rapport 2015:33
Naturvatten i Roslagen AB
Norra Malmavägen 33
761 73 Norrtälje
0176 – 22 90 65

SAMMANFATTNING	4
INLEDNING	5
METODIK	5
PROVTAGNING	5
BERÄKNINGAR	7
RESULTAT	8
VATTENHALT OCH ORGANISK HALT	8
TOTALFOSFOR	10
FOSFORFRAKTIONER	11
LÄCKAGEBENÄGEN FOSFOR	13
INTERN BELASTNING AV FOSFOR	14
ALUMINIUMBEHANDLING	15
SAMMANFATTANDE DISKUSSION.....	16
REFERENSER	18
BILAGA 1. Grundläggande sedimentdata	
BILAGA 2. Fosforfraktioner	

Sammanfattning

Delar av den fosfor som tillförs en sjö fastläggs i bottenarna och sjön kommer att fungera som en näringsfälla. I sjöar som under längre tid belastats av förhöjda fosformängder till följd av antropogen påverkan, förmår sedimenten till slut inte kvarhålla näringen och sjön övergår till att bli en fosforkälla till nedströms belägna vatten. Mängden fosfor som med tiden kommer att frigöras från bottenarna kan kvantifieras genom en sedimentundersökning och analys av fosfors bindningsformer (fosforfraktionering). Föreliggande rapport redovisar resultat av en sådan undersökning med syfte att utgöra underlag till åtgärdsplanering för Kottlasjön. Undersökning utfördes hösten 2015 av Naturvatten AB på uppdrag av Lidingö kommun.

Den läckagebenägna fosformängden i Kottlasjön är generellt att betrakta som måttligt hög. En ursprungligen näringsfattig sprickdalssjö som Kottlasjön kan dock naturligt förväntas hålla mindre mängder läckagebenägen fosfor i sedimenten, och halterna får därför anses vara förhöjda och visa på antropogen påverkan. I Kottlasjön ligger huvuddelen av den läckagebenägna fosfor bunden till organiskt material och undantaget djupbottenarna är endast en mindre del järnbunden. Det innebär att fosforläckage inte är kopplat främst till syrgasfria förhållanden, utan direkt till nedbrytningen av organiskt material och den fosforfrisättning som då sker. Ett intensifierat läckaget kan förväntas i samband med högre botten temperatur, alltså främst under sommaren. Mängden läckagebenägen fosfor i Kottlasjöns bottenar skiljde sig åt i de delområden som undersöktes. Allra högst var mängderna förvånande nog i den innersta delen av den långsmala vik som sträcker sig österut. Att dessa mängder var höga, särskilt på så grunt vatten, tyder på att det finns en lokal belastningskälla till fosforrikt partikulärt organiskt material i området. Även sjöns djupbottenar uppvisade förhöjda fosformängder.

Det totala förråd av fosfor som med tiden väntas läcka till Kottlasjöns vattenmassa motsvarar cirka 650 kilo. Med tanke på sjöns begränsade vattenomsättning är det troligt att huvuddelen av denna fosfor under lång tid framöver kommer att cirkulera i sjön och att endast mindre mängder exporteras nedströms till Lilla Värtan via Mölnån. En överslagsberäkning baserat på data från kommunens miljöövervakningsprogram indikerar att den interna fosforbelastningen kan ligga nästan i samma storleksordning som den externa tillförseln. Sammantaget utgör alltså Kottlasjöns bottenar en påtaglig fosforkälla för sjön. Åtgärder i syfte att förbättra vattenkvalitet och ekologisk status i bör i första hand riktas mot externa (landbaserade) fosforkällor. Först då den externa belastningen har minskat till en acceptabel nivå är det motiverat med åtgärder mot internbelastningen. Åtgärd genom aluminiumbehandling budgeteras till 2 Mkr.

Inledning

Delar av den fosfor som tillförs en sjö fastläggs i bottenarna och sjön kommer att fungera som en näringsfälla. Hur stor andel av fosfor som på detta vis kvarhålls varierar med bland annat vattnets uppehållstid, sjöns morfometri, bottenarnas halt av fosforbindande metaller (kalcium, järn, aluminium) och rådande syrgasförhållanden. Med tiden lagras stora mängder näringsämnen i bottenarna, särskilt i de djupare delarna där finpartikulärt organiskt material, exempelvis växtplankton och humus, ackumuleras. I sjöar som under längre tid belastats av förhöjda fosformängder till följd av antropogen påverkan, exempelvis via jordbruk, urbana miljöer, enskilda avlopp, förmår sedimenten till slut inte kvarhålla näringen och sjön övergår till att bli en fosforkälla till nedströms belägna vatten. Även naturligt är den primära källan av fosfat till sjöns vattenmassa generellt nedbrytning av fosforrikt organiskt material i sedimenten. Läckaget av fosfat till vattnet regleras ofta av syresituationen i sedimentytan. Vid anaeroba förhållanden (syrgasbrist) reduceras fosforbindande järnoxider och fosfat läcker till bottenvattnet genom diffusion. Fosfor som har potential att frigöras från sediment kallas vanligen läckagebenägen, rörlig, labil eller mobil fosfor.

Att kvantifiera den fosfor som med tiden kommer att frigöras från bottenarna ger, tillsammans med kunskap om övrig belastning, underlag för att förutsäga effekten av olika åtgärder på vattenkvaliteten.

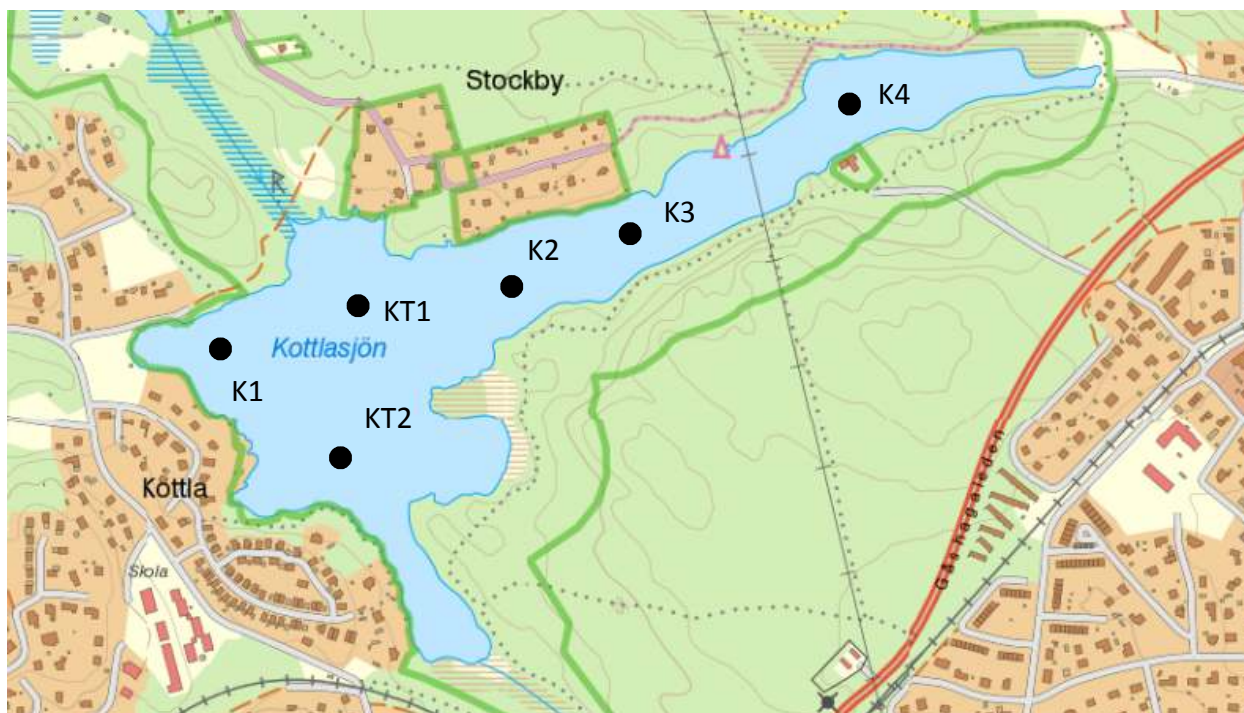
Föreliggande rapport redovisar resultat sedimentundersökningar av Kottlasjön med syftet att utgöra underlag till åtgärdsplanering för sjön. Undersökningen utfördes av Naturvatten AB på uppdrag av Lidingö kommun.

Metodik

Provtagning

Sedimentprovtagning utfördes den 1 oktober 2015 av Thomas Jansson, Naturvatten AB. Vid provtagningen togs 6 sedimentkärnor fördelade över Kottlasjön, utvalda ut för att representera transport- och ackumulationsbottnar i sjöns olika delar. Provtagningspunkternas lägen

och djup framgår nedan (Figur 1, Tabell 1). Sedimentkärnor togs med Willnerhämtare (rörprovtagare) med plexiglasrör (längd 50 cm, diameter 63 mm).



Figur 1. Punkterna markerar de sex platserna för sedimentprovtagning i Kottlasjön 2015.

Tabell 1. Positioner och djup för sedimentprovtagning i Kottlasjön 2015.

Sedimentkärna	Djup (m)	Position (RT90)	Beskrivning ytsediment
K1	4,1	X6583265, Y1634990	Brun dy
K2	7,0	X6583345, Y1635350	Svart dy
K3	5,3	X6583395, Y1635495	Gråsvart dy
K4	3,4	X6583580, Y1635835	Brun findetritus/dy
KT1	6,1	X6583290, Y1635160	Svart dy
KT2	4,4	X6583100, Y1635145	Brun dy

Sedimentkärnorna skiktades i samband med provtagningen i centimetertjocka skikt. Skikten 0-1, 1-2, 3-4, 6-7, 9-10, 14-15, 24-25 samt 34-35 cm analyserades med avseende på vattenhalt, glödningsförlust (organisk halt) och totalfosforhalt. I tillägg till detta analyserades fosforfraktioner i de fyra kärnorna K1-K4. Analyserna utfördes av Erkenlaboratoriet, ackrediterade av SWEDAC.



Utrustning för sedimentprovtagning; sedimentkärna.

Beräkningar

Sedimentets olika fosforformer kan kvantifieras genom så kallad fosforfraktionering (Psenner m.fl. 1988) enligt följande:

1. Löst bunden fosfor ($\text{NH}_4\text{Cl-rP}$)
2. Järnbunden fosfor (BD-rP)
3. Aluminiumbunden fosfor (NaOH-rP)
4. Organiskt bunden fosfor (NaOH-nrP)
5. Kalciumbunden fosfor (HCl-rP)
6. Residualfosfor (huvudsakligen organiska fosforformer).

Den läckagebenägna andelen fosfor i sedimenten, det vill säga den fosfor som kan frigöras från sediment till vattenmassa, återfinns i de tre fosforfraktionerna löst bunden fosfor, järnbunden fosfor och organiskt bunden fosfor (Rydin 2000). Residualfosfor beräknas genom att subtrahera extraherad fosfatfosfor från sedimentets totala fosforinnehåll.

Kvantifiering av läckagebenägen fosfor görs genom att totalfosforhalten i de djupare sedimentskikten som representerar den så kallade

”begravningskoncentrationen”, det vill säga den fosfor som permanent fastläggs, subtraheras från de högre halterna i ytligare sedimentlager i varje enskild kärna. Skillnaden anses utgöra summan av den fosfor som med tiden kommer att frigöras från bottenarna (Rydin 2000).

Fraktioneringen tillför information om i vilken form fosfor föreligger, både sett till mobila mängder och de som kan betraktas som permanent fastlagda (aluminium- och kalciumbunden fosfor).

Totalfosforhalten i de skikt som inte analyserades interpolerades linjärt. Läckagebenägen fosfor i varje sedimentskikt räknades om till mängd per kvadratmeter och summerades. Den totala mängden fosfor beräknades för varje delområde.

Resultat

Resultat av sedimentundersökningen redovisas och kommenteras nedan i ett antal avsnitt. Fullständiga sedimentkemiska analysresultat redovisas i Bilaga 1 och 2.

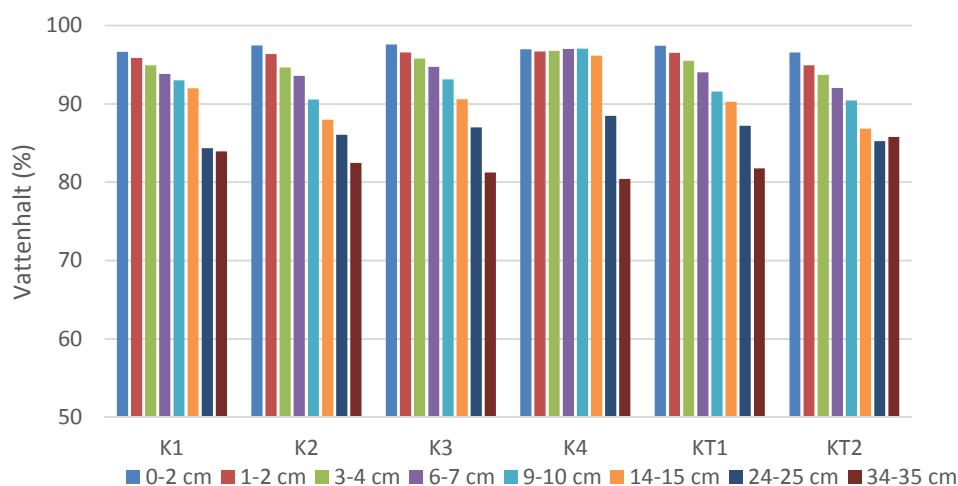
Vattenhalt och organisk halt

I ytsedimentet (0-1 cm) låg vattenhalten i genomsnitt på 97 procent. Vattenhalten klingade av med ökat sedimentdjup till i medeltal 83 procent 35 cm ner i sedimentprofilen (Figur 2). Den organiska halten (mätt som glödningsförlut) klingade också av med ökat sedimentdjup (Figur 3), från i genomsnitt 42 till 23 procent.

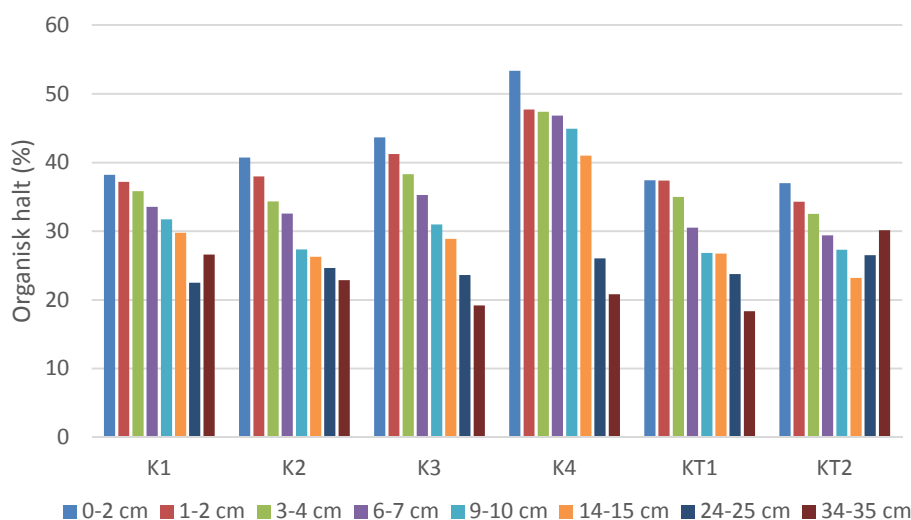
Vad gäller organisk halt skiljer sig sedimentkärnorna åt ovanligt mycket för en relativt liten sjö. Särskilt utmärkande är K4 från sjöns allra östligaste del. Här håller ytsedimentet hela 53 procent organisk andel, medan sedimenten i den västra delen av sjön (K1, KT1, KT2) uppvisar mindre än 40 procent. Punkt K2 och K3 ligger strax över 40 procent. Skillnaderna punkterna emellan kan dels förklaras av vattenrörelser som fördelar lätttransporterat organiskt material till platser där betingelserna gör att materialet sedimenterar ut. Resultatet kan också visa på skillnader i belastning från sjöns olika delavrinningsområden. Att halterna var förhöjda i ett relativt grunt område, representerat av K4, indikerar en högre belastning av organiskt material till detta delområde. Vidare håller denna kärna (K4) hög vattenhalt och organisk andel inte bara i ytsedimentet utan fortsatt ett par centimeter ner i profilen. Det är

ytterligare ett tecken på att det finns en lokal källa av organiskt material till detta område.

Kottlasjöns sediment håller hög vattenhalt och mycket hög organisk andel i ytsedimenten. Det kan i grunden förklaras av avrinningsområdets karaktär med stort inslag av humusbildande barrblandskog och endast mindre inslag av lerhaltiga jordarter. Den kontinuerliga avklingningen av vattenhalt och organisk andel visar att kärnorna representerar bottenområden där finpartikulärt material avsätts. Denna typ av betingelser gäller utöver ackumulationsbottnar även i transportbottenområden där resuspension (uppvirvling av sediment i vattenmassan) är sällsynt och en kontinuerlig sedimentavsättning sker. Vattenhalten minskar till följd av att sedimenten kompakteras med tiden och minskningen av andelen organiskt material kan förklaras av bakteriell nedbrytning.



Figur 2. Vattenhalt (%) i åtta undersökta sedimentskikt från sex provpunkter i Kottlasjön 2015.



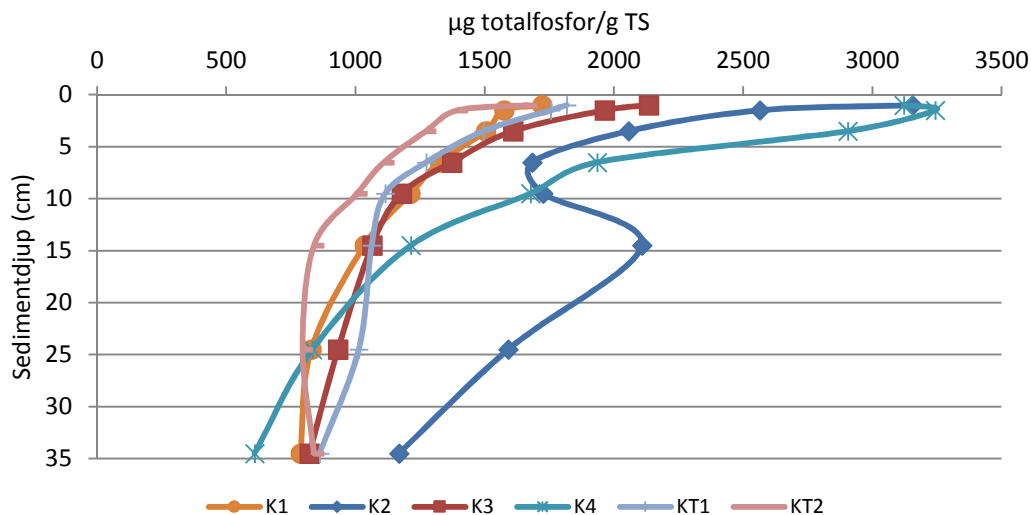
Figur 3. Organisk halt (%) i åtta undersökta sedimentskikt från sex provpunkter i Kottlasjön 2015.

Totalfosfor

Totalfosforhalten i sedimentkärnorna minskade från sedimentytan och med ökat sedimentdjup (Figur 4). Avklingningen var snabb från i medeltal 2,3 mg P/g TS i ytsediment (0-1 cm) till 1,2 mg P/g TS i skiktet 14-15 cm i sedimentkärnan. Minskningen i fosforhalt fortsatte därefter och i medel höll det djupaste skiktet (34-35 cm) 0,85 mg P/g TS. Det innebär att i genomsnitt 35 procent av fosfor som tillförs bottenarna begravs permanent. Halterna i ytsedimentet är att betrakta som höga vilket delvis förklaras av den höga vattenhalten (se avsnittet ovan). I slättlandssjöar som till skillnad från Kottlasjön har ett stort inslag lerhaltiga jordarter i avrinningsområdet tillförs lera till bottenarna och späder med sitt förhållandevis låga fosforinnehåll ut fosforhalterna i sedimenten. Halterna i Kottlasjön är dock förhöjda även för organogena sediment. I Gömmarens sediment (Tyresån) med likartad vattenhalt och organisk halt som Kottlasjön, var totalfosforhalterna tydligt lägre (1,7 mg P/g TS) (Arvidsson & Rydin 2012).

Liksom för organisk halt syns återigen en skillnad mellan sjöns olika delområden. Vid djupbottenarna (K2) och i den östligaste delen (K4) var totalfosforhalten drygt 3 mg P/g TS och betydligt högre än i de västra delarna där halterna låg under 2 mg P/g TS. Det är ovanligt att halterna skiljer sig så pass mycket åt i en sjö av denna storlek.

Begravningsandelen, alltså den andel fosfor som fastläggs permanent, var dessutom mycket liten för den östra delen och uppgick till blygsamma 20 procent. Ytterligare en skillnad mellan provpunkterna är att djupbottenarna (K2) uppvisar en ökad fosforhalt mitt i sedimentkärnan (skiktet 14-15 cm). Denna höjning kan förklaras av att belastningen tidigare, troligen under andra halvan av 1900-talet, varit högre. Att en förhållandevis liten andel av fosfor fastläggs, att döma av haltutvecklingen i sedimentprofilen, beror på dålig förmåga att kvarhålla fosfor. En viktig del av förklaringen ligger troligen också i att belastningen till Kottlasjön historiskt sett varit låg och att skillnaderna mot dessa halter blir stor.

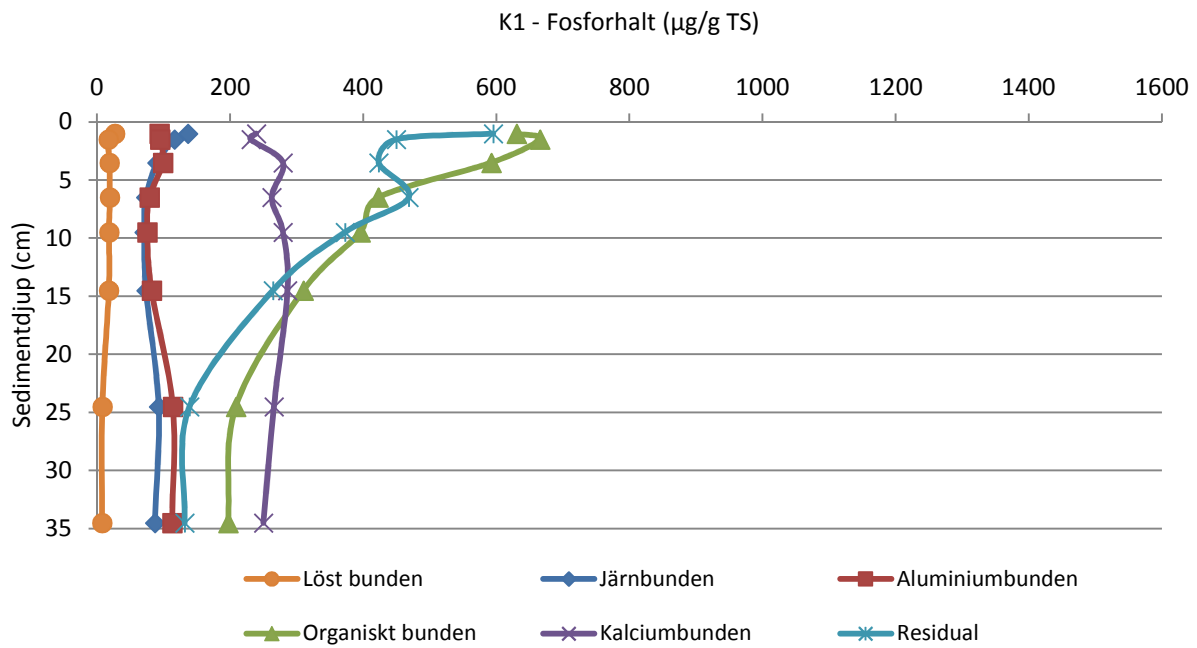


Figur 4. Totalfosfor ($\mu\text{g/g TS}$) i åtta undersökta sedimentskikt från sex provpunkter i Kottlasjön 2015.

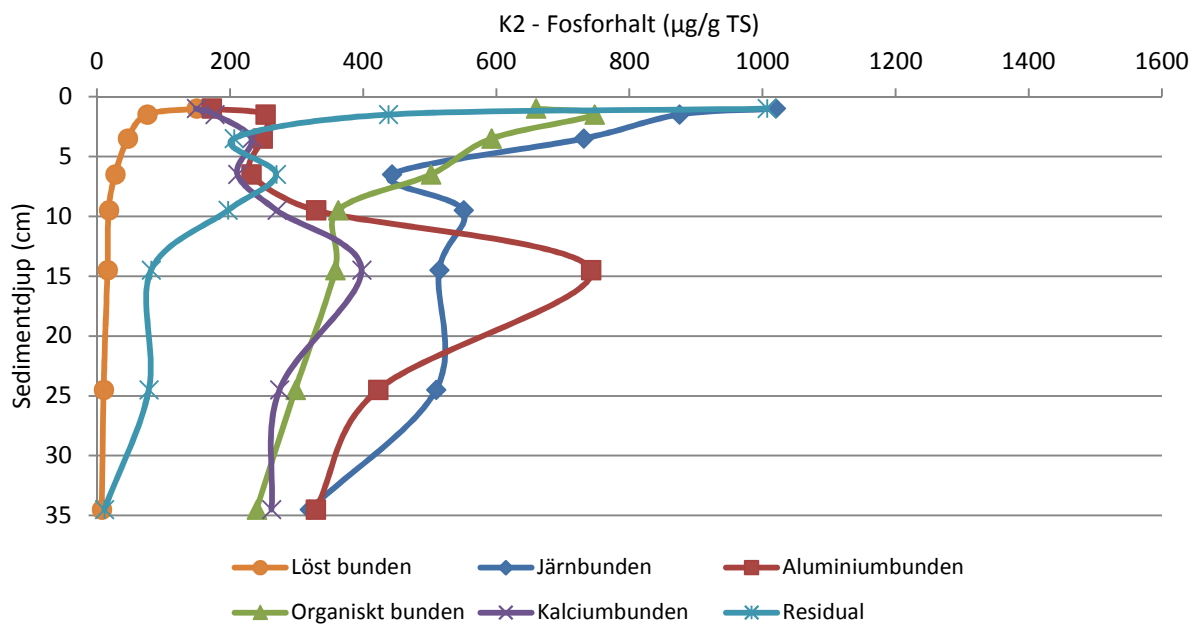
Fosforfraktioner

Fosfors fördelning på olika bindningsformer visas nedan för de fyra sedimentkärnor som fraktionerats (Figur 5-8). Generellt sett stod organiskt bunden fosfor (fraktionerna organiskt bunden fosfor samt residualfosfor) för den allra största delen av den totala fosforhalten, i genomsnitt nästan 70 procent vilket är att betrakta som en hög andel.

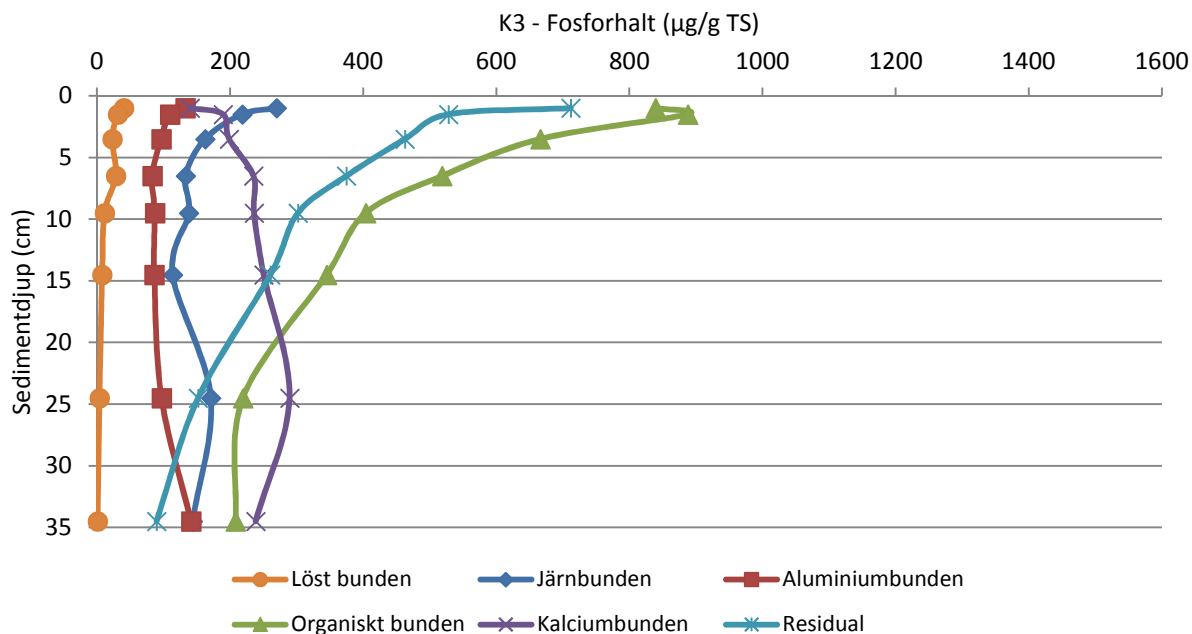
Löst bunden fosfor registrerades i förhöjda halter i de översta sedimentlagren vid djupbottnarna (K2) och den östligaste delen (K4). Även i dessa områden svarade dock denna typ av fosfor endast för en liten andel av totalhalten ($< 5\%$). Vid Kottlasjöns djupbottnar (K2) ses förhöjda halter järnbunden fosfor i ytsedimenten, motsvarande cirka 30 procent av totalhalten, att jämföra med 8-13 procent i övriga delområden. Den högre andelen järn i detta delområde är troligen en effekt av att järnoxider liksom annat finpartikulärt material ansamlas i djupområdena genom så kallad sedimentfokusering. Ytsedimenten vid djupbottnarna och i den östra viken uppvisar något förhöjda halter av aluminiumbunden fosfor. Djupbottnarna skiljer sig från övriga områden genom att halten av denna fosforfraktion ökar med längre ner i profilen, till en högsta halt vid 15 cm djup. Båda dessa fenomen kan avspegla tidigare belastning till sjön från hushåll med dåliga avloppslösningar, eventuellt med aluminiumfällning. Kalciumbunden fosfor höll överlag relativt låga och konstanta halter, undantaget i den västra delen (K1) där såväl halt som andel var förhöjd.



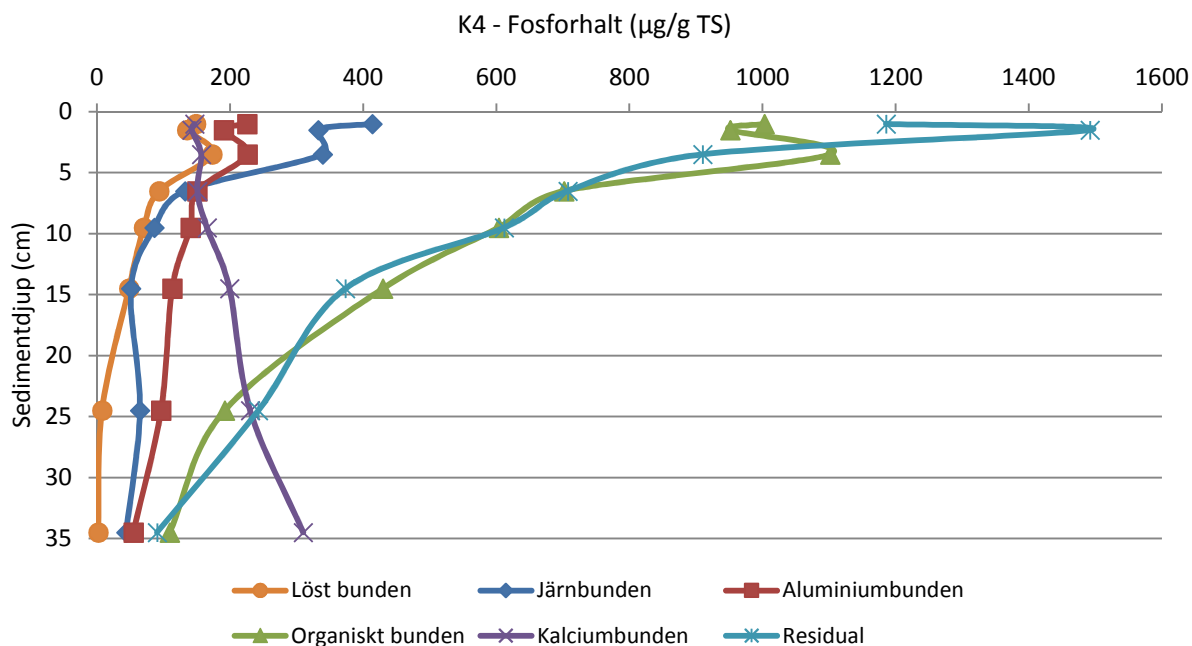
Figur 5. Fosforhalt ($\mu\text{g/g TS}$) per fraktion i sedimentkärna K1, Kottlasjön 2015.



Figur 6. Fosforhalt ($\mu\text{g/g TS}$) per fraktion i sedimentkärna K2, Kottlasjön 2015.



Figur 7. Fosforhalt (µg/g TS) per fraktion i sedimentkärna K3, Kottlasjön 2015.



Figur 8. Fosforhalt (µg/g TS) per fraktion i sedimentkärna K4, Kottlasjön 2015.

Läckagebenägen fosfor

Mängden läckagebenägen fosfor redovisas nedan som total mängd och fördelning på olika rörliga fraktioner (Tabell 2). Aluminiumbunden och kalciumbunden fosfor bidrar inte till fosforläckaget från bottenarna och redovisas inte i tabellen. Den läckagebenägna mängden fosfor varierade

mellan 4,6 och 6,6 g/m² i de fyra undersökta kärnorna. Dessa mängder är generellt att betrakta som måttliga men kan för en naturligt näringsfattig sprickdalsjö som Kottlasjön anses vara höga. Den dominerande formen av rörlig fosfor var organiskt bunden och utgjorde mellan 3,8 och 5,6 g/m² motsvarande 65 till 98 procent av den totala läckagebenägna mängden. Såväl totalmängder som organiskt bunden fosfor var högst i sjöns östra del (K4). Övriga fosforformer utgjorde mindre än 10 procent av den totala rörliga mängden, undantaget vid djupbottenarna där järnbunden fosfor bidrog med 1,8 g/m² motsvarande cirka 30 procent.

Tabell 2. Läckagebenägen fosfor (g/m²) i de fyra sedimentkärnor som analyserades med avseende på fosforfraktionering, Kottlasjön 2015.

Sediment- kärna	Löst bunden NH ₄ Cl-P (g/m ²)	Järnbunden BD-P (g/m ²)	Organiskt bunden NaOH org-P (g/m ²)	Residual Rest-P (g/m ²)	Total org-P (g/m ²)	Summa (g/m ²)
K1	0,1	0,0	2,2	2,4	4,6	4,7
K2	0,2	1,8	2,0	1,8	3,8	5,8
K3	0,1	0,0	2,4	2,1	4,4	4,6
K4	0,5	0,6	2,8	2,7	5,6	6,6

Mängden fosfor som med tiden kan förmodas läcka från bottenarna till vattenmassan redovisas nedan för hela sjön samt dess delområden (Tabell 3). Sammantaget beräknas mängden läckagebenägen fosfor till cirka 650 kg.

Tabell 3. Läckagebenägen mängd fosfor (kg) i Kottlasjön redovisat per delområde, antaget att de undersökta sedimenten är representativa för bottenområden djupare än 3 meter samt att kärnorna K1 och K3 representerar huvudbassängen, K4 den östra viken och K2 djupbottenarna.

Sjö/Bassäng	Yta (ha)	Läckagebenägen fosfor	
		(g/m ²)	(kg)
Huvudbassängen	10,6	4,6	491
Östra viken	1,4	6,6	91
Djupbottenarna	1,3	5,8	77
Summa	13,3		658

Intern belastning av fosfor

Vattenkemiska data från kommunens övervakningsprogram visar att förhöjda halter av fosfatfosfor tidvis förekommer vid Kottlasjöns bottenar. Förhöjda halter har registrerats både vinter och sommar och är ett resultat av att fosfor frisatts från sedimenten och ackumulerats i bottenvattnet då vattenmassan är skiktad. Mellanårsvariationerna tycks dock vara stora och vissa år kan inget läckage påvisas. Klart är dock att Kottlasjön påverkas genom en intern belastning av fosfor.

År 2015 uppmättes under sommaren en fosfatfosforhalt av 240 µg/l i det prov som togs på 6 meters djup. Vid samma tillfälle låg halterna i ytvattnet lägre än 10 µg/l. En överslagsberäkning av hur stora mängder fosfat som läckt från bottnarna sommaren 2015 indikerar en internbelastning av cirka 15 kilo. Siffran måste betraktas som osäker då provtagning endast skett vid en punkt, ett djup och två tillfällen per år, samt att uppgifter om skiktningförhållanden saknas. Det ska också påpekas att just 2015 uppvisade det högsta läckage som noterats den senaste tioårsperioden. Säkra uppgifter om den externa fosforbelastningen till Kottlasjön saknas för jämförelse. I en utredning från 2000 uppskattas belastningen till 30 kg/år (Larsson 2000). De åtgärder som 2005 och 2007 vidtogs för att rena dagvattenutsläpp till Stockbysjön och Kottlasjön beräknas ha minskat belastningen med minst 10 kilo (Larm m.fl. 2002).

Aluminiumbehandling

Aluminiumbehandling av fosforrika sediment i syfte att permanent fastlägga den läckagebenägna fosfor har genomförts i en handfull sjöar i Stockholmstrakten under de senaste 15 åren. Vid en sådan åtgärd injiceras aluminiumlösning i den översta decimetern sediment och den aluminiumflock som bildas binder fosfat även under syrefria förhållanden.

Mängden (dosen) aluminium som behöver tillsättas beräknas genom att multiplicera mängden läckagebenägen fosfor med 11 (Rydin m fl. 2000). Vid en eventuell aluminiumbehandling av Kottlasjöns bottnar krävs den högsta dosen aluminium i de mindre delområdena östligaste viken och djupbottnarna, medan det räcker med lägre doser för övriga bottnar (Tabell 4). Kostnaden för att åtgärda internbelastningen i Kottlasjön med denna metod budgeteras enligt utförandekonsulten Vattenresurs AB till 2 Mkr. Metoden har ännu inte används i så pass organogena sediment som Kottlasjöns. I syfte att säkerställa att metoden ger goda resultat även under dessa förutsättningar bör Vattenresurs AB konsulteras.

Tabell 4. Beräknad mängd aluminium som krävs för att binda den läckagebenägna fosfor i Kottlasjön delområden.

Sjö/Bassäng	Aluminiumdos
	g Al/m ²
Huvudbassängen	50
Östra viken	73
Djupbottnarna	64

Sammanfattande diskussion

Den läckagebenägna fosfor är all den fosfor som med tiden kommer att frisättas från sedimenten, primärt genom mineralisering av fosfor bundet i organiskt material. Denna fosfor rör sig mot sedimentytan och binds till oxiderade järnföreningar om ytsedimenten är syresatta och om järn finns i tillräcklig mängd. Om ytsedimenten blir syrefria löses den järnbundna fosfor och fosfat läcker till vattenmassan. Den läckagebenägna fosformängden i Kottlasjön är generellt att anse som måttligt hög. En ursprungligen näringsfattig sprickdalssjö som Kottlasjön kan dock naturligt förväntas hålla mindre mängder läckagebenägen fosfor i sedimenten, och halterna får därför anses vara förhöjda och visa på antropogen påverkan.

Mängden läckagebenägen fosfor i Kottlasjöns bottnar uppvisade inte något tydligt samband med vattendjupet, vilket har observerats i djupare sjöar, exempelvis i Bornsjön (Arvidsson & Rydin 2011). De två delområden som höll mest läckagebenägen fosfor var sjöns djupaste del (K2) och förvånande nog även den innersta delen av den långsmala östra viken (K4). Att halterna var höga på så grunt vattendjup som i den östra viken tyder på att det finns en lokal belastningskälla till fosforrikt partikulärt organiskt material i detta område. En tänkbar källa är utflödet från Västra Långängskärret som mynnar nära provpunkten.

I Kottlasjön ligger huvuddelen av den läckagebenägna fosfor bunden till organiskt material och undantaget djupbottnarna är endast en mindre del (< 10 %) järnbunden. En låg andel järnbunden fosfor kan förklaras av att bottenmiljön varit syrgasfri så att fosforbindande järnföreningar (järnoxider) inte bildats, eller att avrinningsområdet inte bidrar med löst järn till sjön i någon större utsträckning. Provtagningen i Kottlasjön utfördes under höstcirkulationen och goda syrgasförhållanden (> 8 mg/l) rådde vid samtliga provtagningspunkter, men syresituationen kan ha varit ansträngd under sommaren och ett järn-fosforföreningarna har löst upp sig. Att mängderna järnbunden fosfor är liten innebär att fosforläckage kan förväntas ske inte enbart under syrgasfria förhållanden då järnoxider reduceras. Läckaget kan istället förväntas vara kopplat direkt till nedbrytningen av organiskt material, och accentueras då vid i samband med högre botten temperatur, alltså främst under sommaren.

Det totala förråd av fosfor som med tiden väntas läcka till Kottlasjöns vattenmassa motsvarar cirka 650 kilo. Med tanke på sjöns begränsade vattenomsättning är det troligt att huvuddelen av denna fosfor under lång tid framöver kommer att cirkulera i sjön och att endast mindre mängder exporteras nedströms till Lilla Värtan via Mølnaan.

Vattenprovtagningar under skiktade förhållanden i sjön visar att fosfat tidvis ackumuleras i bottenvattnet till följd av sedimentläckage. Läckaget har enligt ovanstående resonemang potential att pågå året runt då det av allt att döma råder brist på järn som kan åtminstone temporärt kan binda frisatt fosfat. Att så är fallet framgår också av data från kommunens miljöövervakningsprogram.

En överslagsberäkning indikerar att den interna fosforbelastningen kan ligga nästan i samma storleksordning som den externa tillförseln. Sammantaget utgör alltså Kottlasjöns sediment en påtaglig fosforkälla för sjön. Åtgärder i syfte att förbättra vattenkvalitet och ekologisk status i Kottlasjön bör i första hand riktas mot externa (landbaserade) fosforkällor, om de bedöms vara betydande. Först då den externa belastningen har minskat till en acceptabel nivå är det motiverat med åtgärder mot internbelastningen. Så länge den interna belastningen kvarstår kan man dock vänta sig ett begränsat och fördröjt genomslag av åtgärder mot externa fosforkällor.

Referenser

Arvidsson, M. & E. Rydin. 2011. Läckagebenägen fosfor i Bornsjöns sediment - Kvantifiering i olika bottenområden för aluminiumdosering. Naturvatten i Roslagen AB, Rapport 2011:24.

Arvidsson, M. & E. Rydin. 2013. Fosforns fördelning i sju sjöars bottensediment inom Tyresåns avrinningsområde. Kvarnsjön, Gömmaren, Ådran, Trehörningen, Ormlången, Magelungen och Långsjön. Naturvatten i Roslagen AB, Rapport 2013:8

Larm, T., A. Holmgren, J. Gustafsson & M. Linder. 2002. Kartläggning av föroreningsutsläpp med dagvatten till recipienter i Lidingö Stad. Sweco VBB Viak.

Larsson, K. 2000. Utredning Stockbysjön-Kottlasjön. VA-projekt, uppdragsnummer 0014501.

Psenner, R., Boström, B., Dinka, M., Pettersson, K., Pucsko, R. & M. Sager. 1988. Fractionation of phosphorus in suspended matter and sediments. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 30: 98-109.

Rydin, E. 2000. Potentially mobile phosphorus in Lake Erken sediment. Water Research 34(7):2037-2042.

Rydin, E, Huser, B. & Welch, E. (2000). Amount of phosphorus inactivated by alum treatments in Washington lakes. Limnology and Oceanography 45(1):226-230.

Bilaga 1. Grundläggande sedimentdata

I tabellen nedan redovisas vattenhalt, glödningsförlust och totalfosforhalt i sedimentkärnornas samtliga skikt. Observera att variablerna redovisas i form av rådata som ligger till grund för beräkningar och inte är avrundade i enlighet med Erkenlaboratoriets regler för mätosäkerhet.

Prov	Djup (m)	Skikt (cm)	Vattenhalt (%)	Glödningsförlust (%)	Totalfosfor (µg/g TS)
K1	4,1	0-1	97	38	1722
K1	4,1	1-2	96	37	1574
K1	4,1	3-4	95	36	1504
K1	4,1	6-7	94	34	1326
K1	4,1	9-10	93	32	1212
K1	4,1	14-15	92	30	1035
K1	4,1	24-25	84	23	829
K1	4,1	34-35	84	27	787
K2	7,0	0-1	97	41	3156
K2	7,0	1-2	96	38	2565
K2	7,0	3-4	95	34	2056
K2	7,0	6-7	94	33	1684
K2	7,0	9-10	91	27	1726
K2	7,0	14-15	88	26	2108
K2	7,0	24-25	86	25	1591
K2	7,0	34-35	82	23	1168
K3	5,3	0-1	98	44	2135
K3	5,3	1-2	97	41	1964
K3	5,3	3-4	96	38	1609
K3	5,3	6-7	95	35	1373
K3	5,3	9-10	93	31	1178
K3	5,3	14-15	91	29	1064
K3	5,3	24-25	87	24	932
K3	5,3	34-35	81	19	822
K4	3,4	0-1	97	53	3122
K4	3,4	1-2	97	48	3244
K4	3,4	3-4	97	47	2906
K4	3,4	6-7	97	47	1936
K4	3,4	9-10	97	45	1677
K4	3,4	14-15	96	41	1214
K4	3,4	24-25	88	26	833
K4	3,4	34-35	80	21	609
KT1	6,1	0-1	97	37	1817
KT1	6,1	1-2	97	37	1756
KT1	6,1	3-4	96	35	1496
KT1	6,1	6-7	94	30	1274
KT1	6,1	9-10	92	27	1115
KT1	6,1	14-15	90	27	1063

KT1	6,1	24-25	87	24	1013
KT1	6,1	34-35	82	18	861
KT2	4,4	0-1	97	37	1664
KT2	4,4	1-2	95	34	1396
KT2	4,4	3-4	94	33	1273
KT2	4,4	6-7	92	29	1110
KT2	4,4	9-10	90	27	1007
KT2	4,4	14-15	87	23	840
KT2	4,4	24-25	85	27	795
KT2	4,4	34-35	86	30	839

Bilaga 2. Fosforfraktioner

I tabellen nedan redovisas fosforfraktioner i sedimentkärnornas samtliga skikt. Observera att variablerna redovisas i form av rådata som ligger till grund för beräkningar och inte är avrundade i enlighet med Erkenlaboratoriets regler för mätosäkerhet.

Prov	Skikt (cm)	NH ₄ Cl-P (µg/g TS)	BD-P (µg/g TS)	NaOH-P (µg/g TS)	HCl-P (µg/g TS)	NaOH org-P (µg/g TS)	Residual-P (µg/g TS)
K1	0-1	27	136	94	631	239	595
K1	1-2	17	116	95	666	231	450
K1	3-4	19	90	99	593	280	423
K1	6-7	19	74	79	423	263	468
K1	9-10	18	71	76	396	280	373
K1	14-15	18	74	82	310	286	264
K1	24-25	8	93	114	209	266	139
K1	34-35	8	87	113	197	250	132
K2	0-1	149	1020	172	659	149	1007
K2	1-2	75	875	253	747	177	437
K2	3-4	46	731	249	593	232	206
K2	6-7	27	443	232	501	211	269
K2	9-10	17	551	329	362	270	197
K2	14-15	16	514	742	358	397	81
K2	24-25	10	509	422	298	274	78
K2	34-35	7	319	328	240	262	11
K3	0-1	40	270	133	839	140	712
K3	1-2	31	218	110	888	189	528
K3	3-4	23	162	96	666	199	463
K3	6-7	28	133	83	518	235	375
K3	9-10	11	138	87	404	236	302
K3	14-15	8	114	86	345	250	261
K3	24-25	4	171	97	219	289	152
K3	34-35	1	144	141	208	238	89
K4	0-1	149	414	225	1003	146	1185
K4	1-2	135	332	190	951	142	1492
K4	3-4	173	339	226	1101	157	910
K4	6-7	93	132	150	702	151	707
K4	9-10	70	86	140	604	165	612
K4	14-15	48	51	113	430	199	373
K4	24-25	8	65	96	192	230	242
K4	34-35	2	44	55	109	310	90