

Dragsfjärds kommun

Förändringar i sjön Dragsfjärdens vattenkvalitet 1969-2006



Åbo 31.08.2007

Tomas Kull, FM (biolog, kemist)

Forskningsrapport

Bakgrund

Sjön Dragsfjärden ligger i Dragsfjärds kommun på södra Kimitoön i sydvästra Finland. Sjön är belägen mellan tätorten Dalsbruk i söder och kyrkbyn Dragsfjärd i norr. Bebyggelse finns även på sjöns västra och östra sidor. Dragsfjärden utgör kommunens viktigaste råvattentäkt och den förser ca 2300 invånare med dricksvatten. Därtill används sjöns vatten som kylvatten av företaget Ovako Wire. Senhösten 1989 uppstod en kraftig massförekomst av toxinproducerande cyanobakterier (*Planktothrix agardhii*) i sjön, vilket förhindrade användningen av vattnet vid dricksvattenproduktionen. Massförekomster av cyanobakterier har varit vanliga även efter det och potentiellt toxiska cyanobakterier har tidvis förekommit i dricksvattnet.

År 1990 anlät Dragsfjärds kommun biologiska institutionen vid Åbo universitet för en kartläggning av sjöns inre belastning. Samtidigt gjordes en kartering av växtbeståndet. Undersökningen visade att stora mängder fosfor frigjordes från bottensedimentet vid syrefria förhållanden. Som högst uppmättes en totalfosforhalt på $1100 \mu\text{g L}^{-1}$ på 15 m djup i slutet av september 1990. Totalfosformängden i hela vattenmassan uppskattades till 4185 kg vid samma tidpunkt. I ytvattnet varierade totalfosforhalten mellan $15\text{-}30 \mu\text{g L}^{-1}$ och totalkvävehalten mellan $410\text{-}630 \mu\text{g L}^{-1}$ under perioden maj-november. Som högst uppmättes en totalkvävehalt på $3000 \mu\text{g L}^{-1}$ på 15 m djup i slutet av september 1990. Totalkvävemängden i hela vattenmassan uppskattades till 23812 kg vid samma tidpunkt. På basen av totalfosfor- och totalkvävehalterna i ytvattnet klassades sjön som meso-eutrof (Friman m.fl. 1991).

Vid växtkarteringen 1990 påträffades 14 kärlväxter och en vattenmossa i sjön. På basen av växtkarteringen klassades sjön som oligotrof där eutrofieringen inte framskridit speciellt långt. Tydliga skillnader i artantal, artsammansättning och biomassa fanns dock mellan sjöns södra och norra delar (Friman m.fl. 1991).

År 1991 fortsatte biologiska institutionen vid Åbo universitet med en kartläggning av Dragsfjärdens yttre belastning. Tillförseln av fosfor, kväve och fast substans följdes i de fem största tillflödena under perioden mars-december. I undersökningen framkom att totalfosforhalten korrelerade till 81-94 % med halten fast substans i vattnet, d.v.s. största delen av fosfor var partikelbunden, och att halten fast substans var som störst vid höga vattenflöden. Som högst uppmättes en totalfosforhalt på $1290 \mu\text{g L}^{-1}$ i Kullavikens tillflöde i medlet av mars. Tillrinningsområdets fosforbelastning på sjön uppskattades till 231 kg år^{-1} , medan direktdepositionen från atmosfären beräknades vara 50 kg år^{-1} . Tillrinningsområdets belastning och direktdepositionen gav sammanlagt en yttre fosforbelastning på 281 kg år^{-1} . Den mängd fosfor som lämnade sjön via dess utlopp uppskattades till 18.7 kg år^{-1} (Wright m.fl. 1992).

Totalkvävehalten i tillflödena korrelerade till 62-86 % med vattenflödet och som högst uppmättes en totalkvävehalt på $10000 \mu\text{g L}^{-1}$ i Söderbyvikens tillflöde i början av oktober. Tillrinningsområdets kvävebelastning på sjön uppskattades till 6179 kg år^{-1} , medan direktdepositionen från atmosfären beräknades vara 2604 kg år^{-1} . Tillrinningsområdets belastning och direktdepositionen gav sammanlagt en yttre kvävebelastning på 8783 kg år^{-1} . Den mängd kväve som lämnade sjön via dess utlopp uppskattades till 615 kg år^{-1} (Wright m.fl. 1992).

Wright m.fl. (1992) uppskattade Dragsfjärdens belastningstolerans för fosfor enligt Vollenweiders beräkningsmodell (Vollenweider 1975) till 364 kg år^{-1} . Den sammanlagda yttre fosforbelastningen på Dragsfjärden enligt ovan (281 kg år^{-1}) underskrider detta värde

med 23 %. I sin forskningsrapport har dock författarna adderat till belastningsvärdena ovan den fosfor- och kvävebelastning som härrör från de ca 200 bostäder och 50 sommarstugor som ligger inom Dragsfjärdens tillrinningsområde men som inte var anslutna till det kommunala avloppsnätet. I 1989 års skyddsområdesplan för Dragsfjärden uppskattades denna belastning till 584 kg fosfor år⁻¹ och 1715 kg kväve år⁻¹ (Suunnittelukeskus 1989). Den totala yttre belastningen på Dragsfjärden skulle då vara 865 kg fosfor år⁻¹ och 10498 kg kväve år⁻¹ (Wright m.fl. 1992). Denna fosforbelastning överskrider Dragsfjärdens belastningstolerans med 238 %.

Såvida ingen eller mycket få av ovan nämnda bosättningar ligger inom avrinningsområdena för de fem undersökta tillflödena är additionerna ovan korrekta, men om bosättningarna är representativt fördelade över Dragsfjärdens tillrinningsområde ger additionerna direkt felaktiga resultat, eftersom den fosfor- och kvävebelastning som härrör från icke-kommunalavloppsanslutna bosättningar rimligen når sjön via samma tillflöden som tillrinningsområdets egen belastning.

På basen av 1991 års forskningsrapport (Friman m.fl. 1991) påbörjade Dragsfjärds kommun under 1991 syresättning av bottenvattnet i Dragsfjärdens södra och norra djuphål (16 respektive 12 m djupa) m.h.a. tryckluftaggregat för att förhindra uppkomsten av syrefria förhållanden och därmed stoppa läckaget av fosfor från bottensedimentet. Luftningen hade dock inte önskad effekt. I januari 1996 påbörjades därför syresättning av bottenvattnet enligt Mixox syresättningsmetoden. Metoden baserar sig på att syrerikt ytvatten pumpas ned och blandas med det syrefattiga bottenvattnet, varvid den naturliga oxideringen och nedbrytningen av organiska ämnen av aeroba mikroorganismer effektiveras (Vesi-Eko 2007). Till en början installerades ett Mixox-MC500 aggregat (kapacitet: 15000 m³ vatten dag⁻¹) i vardera djuphålan. På grund av dåliga resultat uppmätta under sommaren 1996 ersattes aggregatet i den norra djuphålan med ett Mixox-MC750 aggregat (kapacitet: 35000 m³ vatten dag⁻¹) i maj 1997. De dåliga resultaten uppmätta under sommaren 1996 visade sig senare bero på att syresättningsaggregaten hade stått, uppskattningsvis från maj 1996 till mars 1997. Driftstörningar förekom även under perioden juni-november 1997, samt i mars 1998 (Lappalainen 1999). Efter 1998 har bara kortare avbrott i syresättningen förekommit (Heitto & Saarijärvi 2004; Kauppinen & Saarijärvi 2006, 2007).

Sedan Mixox aggregaten installerades har Sydvästra Finlands vattenskyddsförening r.f. / Sydvästra Finlands vatten- och miljöundersökning AB på Dragsfjärds kommuns uppdrag årligen analyserat vattenprov från Dragsfjärden. Protagningspunkterna H1 (södra djuphålan) och H2 (norra djuphålan) är belägna ca 200 m från Mixox aggregaten. Provtagning har skett på vårvintern, vanligtvis i mars, och på sensommaren, vanligtvis i augusti. Därtill har Sydvästra Finlands miljöcentral genom sitt eget övervakningsprogram analyserat vattenprov från den södra djuphålan vart tredje år sedan 1969.

Tabell 1. Allmänna data för sjön Dragsfjärden.

		Referens
Areal (km ²)	3.5	Wright m.fl. 1995
Maximal längd (km)	6.4	
Maximal bredd (km)	1.3	
Största djup (m)	16	Wright m.fl. 1995
Medeldjup (m)	8.2	Wright m.fl. 1995
Volym (10 ⁶ m ³)	28.7	Wright m.fl. 1995
Teoretisk uppehållstid (år)	7	Wright m.fl. 1995
Strandlinjens längd (km)	19.5	Awellán 1996
Tillrinningsområdets areal (km ²)	17.0	Wright m.fl. 1995

Målsättningen med detta arbete har varit att sammanställa en rapport över de långsiktiga förändringar som skett i Dragsfjärdens vattenkvalitet med avseende på de viktigaste vattenparametrarna, samt att genomföra en växtkartering i sjön. Rapporten skall förhoppningsvis ge svar på om de åtgärder som vidtagits för att förbättra Dragsfjärdens vattenkvalitet har gett något resultat. Allmänna data för sjön Dragsfjärden ges i tabell 1.

Material och metoder

Analysrapporter från Vesihallitus, Vesi- ja ympäristöhallitus, Sydvästra Finlands miljöcentral, Suunnittelukeskus Oy, Sydvästra Finlands vattenskyddsförening r.f. samt Sydvästra Finlands vatten- och miljöundersökning AB användes vid sammanställningen av fysikalisk-kemiska vattendata för sjön Dragsfjärden. Följande 11 parametrar sammanställdes: totalfosfor (P-tot), totalkväve (N-tot), klorofyll-a, siktdjup, temperatur, syrehalt, syremättnad, pH, ledningsförmåga, alkalinitet samt kemisk syreförbrukning (COD). För den södra djuphålan fanns analysdata från 1969 och framåt, för den norra från 1997 och framåt. Provtagningsdatum och källa ges i Bilaga 1.

Växtkarteringen av Dragsfjärden utfördes 01-07.08.2007 från roddbåt. En trädgårdskratta av metall (Biltema art.nr. 26-228) med förlängt skaft (3 m) användes vid bottendragningar. Artbestämningen av växterna gjordes m.h.a. *Den nordiska floran* (Stenberg & Ericsson 1992). Typexemplar dokumenterades med en Olympus FE-120 digitalkamera.

Resultat och diskussion

Sammanställning av fysikalisk-kemiska vattendata

Totalfosfor. Fosfor är ett essentiellt makronäringsämne som bl.a. återfinns i cellernas nukleotider och fosfolipider. I sötvatten är fosfor vanligtvis det begränsande näringsämnet för växternas och fytoplanktonets tillväxt. Totalfosforhalten i ytvattnet kan användas som ett mått på eutrofieringsgraden vid bedömning av sjöar och vattendrag. Totalfosforhalten i Dragsfjärdens ytvatten (0-2 m) vid den södra djuphålan (H1) uppvisar en svagt stigande trend för perioden 1969-2006 (Figur 1 a-c). Medelvärdet \pm standardavvikelsen för hela mätserien är $21.2 \pm 5.6 \mu\text{g L}^{-1}$. För sommarperioden (maj-september) är motsvarande värden $22.1 \pm 3.6 \mu\text{g L}^{-1}$ och för vårvintern (februari-april) $19.6 \pm 7.1 \mu\text{g L}^{-1}$. En totalfosforhalt på $12.5-25 \mu\text{g L}^{-1}$ för säsongmedelvärdet maj-oktober klassas som måttligt höga halter (Naturvårdsverket 1999).

Totalfosforhalten i bottenvattnet (14-15 m) vid den södra djuphålan uppvisar en klart nedgående trend för perioden 1969-2006 (Figur 2 a-c). Sedan Mixox syresättningsaggregaten installerades i januari 1996 har totalfosforhalten generellt hållits på en betydligt lägre nivå än före installationen. Ett fåtal höga värden efter 1996 kan relateras till de driftstörningar som har förekommit.

Vid den norra djuphålan (H2) uppvisar totalfosforhalten i ytvattnet (0-2 m) för perioden 1997-2006 en svagt stigande trend för hela mätserien och för sommarperioden, medan trenden är svagt sjunkande för vårvintern (Figur 3 a-c). Medelvärdet \pm standardavvikelsen för hela mätserien är $21.4 \pm 4.6 \mu\text{g L}^{-1}$. För sommarperioden är motsvarande värden $23.7 \pm 4.5 \mu\text{g L}^{-1}$ och för vårvintern $18.9 \pm 3.3 \mu\text{g L}^{-1}$. I bottenvattnet (9-10 m) har totalfosforhalten generellt hållits på en låg nivå vid den norra djuphålan under Mixox eran. Ett fåtal höga värden kan relateras till de driftstörningar som har förekommit. För vårvinterns totalfosforhalt är trenden svagt stigande (Figur 4 a-c).

Totalkväve. Kväve är ett essentiellt makronäringsämne som bl.a. återfinns i cellernas klorofyll, nukleotider, aminosyror och proteiner. Totalkvävehalten i Dragsfjärdens ytvatten vid den södra djuphålan uppvisar för perioden 1969-2006 en stabil nivå för hela mätserien, en svagt stigande trend för sommarperioden och en sjunkande trend för vårvintern (Figur 5 a-c). Medelvärde \pm standardavvikelsen för hela mätserien är $573.5 \pm 213.4 \mu\text{g L}^{-1}$. För sommarperioden är motsvarande värden $464.1 \pm 108.9 \mu\text{g L}^{-1}$ och för vårvintern $703.0 \pm 247.8 \mu\text{g L}^{-1}$. En totalkvävehalt på $300\text{-}625 \mu\text{g L}^{-1}$ för säsongmedelvärdet maj-oktober klassas som måttligt höga halter (Naturvårdsverket 1999). Totalkvävehalten i bottenvattnet vid den södra djuphålan uppvisar en kraftigt nedgående trend för perioden 1969-2006 (Figur 6 a-c).

Vid den norra djuphålan uppvisar totalkvävehalten i ytvattnet för perioden 1997-2006 en stigande trend för hela mätserien och för sommarperioden, medan trenden är svagt sjunkande för vårvintern (Figur 7 a-c). Medelvärde \pm standardavvikelsen för hela mätserien är $576.3 \pm 168.4 \mu\text{g L}^{-1}$. För sommarperioden är motsvarande värden $469.0 \pm 77.1 \mu\text{g L}^{-1}$ och för vårvintern $695.6 \pm 163.4 \mu\text{g L}^{-1}$. I bottenvattnet är trenden svagt stigande för totalkvävehalten (Figur 8 a-c).

Begränsande näringsämne. Vid fotosyntesen upptas kol, kväve och fosfor i förhållandet C/N/P = 106:16:1. Detta s.k. Redfield förhållande kan användas för att avgöra vilket näringsämne som begränsar tillväxten hos fotosyntetiserande organismer. Eftersom kol i form av koldioxid och/eller vätekarbonat vanligtvis finns i överskott, brukar man bara beakta förhållandet mellan kväve och fosfor. Vid den södra djuphålan är N/P förhållandet i ytvattnet > 16 för hela mätserien, d.v.s. fosfor utgör det begränsande näringsämnet. Det samma gäller för N/P förhållandet i ytvattnet vid den norra djuphålan (Figur 9 a-b).

Klorofyll-a. Klorofyll är det pigment som primärt fungerar som infångare av solenergi i fotosyntesen. Klorofyll-a halten i ytvattnet är vanligtvis proportionell mot biomassan av växtplankton. Klorofyll-a halten i Dragsfjärdens ytvatten vid den södra djuphålan uppvisar en stigande trend för perioden 1969-2006 (Figur 10 a). Medelvärde \pm standardavvikelsen för sommarperioden är $6.1 \pm 2.5 \mu\text{g L}^{-1}$. En klorofyll-a halt på $5.0\text{-}12.0 \mu\text{g L}^{-1}$ för säsongmedelvärdet maj-oktober klassas som höga halter (Naturvårdsverket 1999). Klorofyll-a halten i ytvattnet vid den norra djuphålan uppvisar likaså en stigande trend för perioden 1997-2006 (Figur 10 b). Medelvärde \pm standardavvikelsen för sommarperioden är $7.0 \pm 3.0 \mu\text{g L}^{-1}$.

Siktdjup. Siktdjupet i sjöar påverkas av vattnets färg och grumlighet. Siktdjupet motsvarar det djup dit ca 10 % av det vid ytan infallande ljuset når. Det dubbla siktdjupet är ett grovt mått på kompensationsdjupet, d.v.s. det djup under vilket nettofotosyntes inte sker. Siktdjupet vid Dragsfjärdens södra djuphåla uppvisar för perioden 1969-2006 en svagt stigande trend för hela mätserien, en sjunkande trend för sommarperioden och en stigande trend för vårvintern (Figur 11 a-c). Medelvärde \pm standardavvikelsen för hela mätserien är 3.0 ± 0.9 m. För sommarperioden är motsvarande värden 3.2 ± 0.8 m och för vårvintern 2.8 ± 1.0 m. Ett siktdjup på $2.5\text{-}5.0$ m för säsongmedelvärdet maj-oktober klassas som måttligt siktdjup (Naturvårdsverket 1999). Siktdjupet vid den norra djuphålan uppvisar för perioden 1997-2006 en sjunkande trend för hela mätserien och sommarperioden, medan trenden är svagt sjunkande för vårvintern (Figur 12 a-c). Medelvärde \pm standardavvikelsen för hela mätserien är 2.8 ± 0.8 m. För sommarperioden är motsvarande värden 3.0 ± 0.5 m och för vårvintern 2.6 ± 0.9 m.

Temperatur. Djupa sjöar i tempererade områden är vanligtvis temperaturskiktade under sommaren med en termoklin på ca 8-10 m djup. Efter vårinversionen som inträffar när ytvattnet värmts upp till 4°C påbörjas skiktningen. Skiktningen fortgår fram till

höstinversionen som påbörjas när ytvattnet avkylts till en lägre temperatur än bottenvattnet. Under den tid vattnet är skiktat sker ingen transport av syre från ovanliggande vattenskikt till bottenvattnet och inte heller någon transport av näringsämnen från bottenvattnet till den produktiva zonen i ytvattnet. Vid Dragsfjärdens södra djuphåla har temperaturskillnaden mellan ytvattnet och bottenvattnet under sommarperioden varit ca 10°C före Mixox eran. Sedan Mixox aggregaten installerades 1996 har temperaturskillnaden varit några få grader. Vid den norra djuphålan har temperaturskillnaden mellan ytvattnet och bottenvattnet varit marginell under perioden 1997-2006 (Figur 13 a-b).

Syremättnad. Vid Dragsfjärdens södra djuphåla var syrefria förhållanden i bottenvattnet vanliga under vårvintern och sommarskiktningen före Mixox eran. Sedan Mixox aggregaten installerades 1996 har syremättnaden hållits på en tillfredsställande nivå i bottenvattnet. Vid den norra djuphålan har syrefria förhållanden inte uppmätts i bottenvattnet under perioden 1997-2006 (Figur 14 a-b).

pH. pH i Dragsfjärdens ytvatten vid den södra djuphålan uppvisar en stigande trend för perioden 1969-2006 (Figur 15 a-c), medan trenden är svagt stigande i bottenvattnet (Figur 16 a-c). Vid den norra djuphålan uppvisar pH en svagt stigande trend i ytvattnet för perioden 1997-2006 (Figur 17 a-c), medan trenden är stabil eller svagt stigande i bottenvattnet (Figur 18 a-c). Ett pH värde > 6.8 klassas som nära neutralt (Naturvårdsverket 1999).

Ledningsförmåga. Ledningsförmågan i Dragsfjärdens ytvattnet vid den södra djuphålan uppvisar för perioden 1969-2006 en sjunkande trend för hela mätserien och sommarperioden, medan trenden är stigande för vårvintern (Figur 19 a-c). Medelvärdet \pm standardavvikelsen för hela mätserien är $14.5 \pm 5.5 \text{ mS m}^{-1}$. För sommarperioden är motsvarande värden $13.7 \pm 1.4 \text{ mS m}^{-1}$ och för vårvintern $13.6 \pm 2.0 \text{ mS m}^{-1}$. I den södra djuphålan bottenvatten är trenden sjunkande (Figur 20 a-c). Medelvärdet \pm standardavvikelsen för hela mätserien är $15.0 \pm 1.9 \text{ mS m}^{-1}$. För sommarperioden är motsvarande värden $14.8 \pm 1.7 \text{ mS m}^{-1}$ och för vårvintern $15.2 \pm 2.1 \text{ mS m}^{-1}$.

Ledningsförmågan i ytvattnet vid den norra djuphålan uppvisar för perioden 1997-2006 en svagt stigande trend för hela mätserien och sommarperioden, medan trenden är stigande för vårvintern (Figur 21 a-c). Medelvärdet \pm standardavvikelsen för hela mätserien är $13.2 \pm 1.0 \text{ mS m}^{-1}$. För sommarperioden är motsvarande värden $13.3 \pm 0.7 \text{ mS m}^{-1}$ och för vårvintern $13.1 \pm 1.3 \text{ mS m}^{-1}$. I den norra djuphålan bottenvatten är trenden stabil för hela mätserien, svagt stigande för sommarperioden och svagt sjunkande för vårvintern (Figur 22 a-c). Medelvärdet \pm standardavvikelsen för hela mätserien är $13.8 \pm 0.7 \text{ mS m}^{-1}$. För sommarperioden är motsvarande värden $13.6 \pm 0.7 \text{ mS m}^{-1}$ och för vårvintern $14.0 \pm 0.5 \text{ mS m}^{-1}$.

Alkalinitet. Alkalinitet är ett mått på vattnets buffertkapacitet, d.v.s. dess förmåga att neutralisera tillskott av sura ämnen. Alkaliniteten i Dragsfjärdens ytvatten vid den södra djuphålan uppvisar en stigande trend för perioden 1969-2006 (Figur 23 a-c). I bottenvattnet är trenden dock sjunkande för hela mätserien och vårvintern, medan trenden är i det närmaste stabil för sommarperioden (Figur 24 a-c). En alkalinitet > 0.2 mmol L⁻¹ klassas som mycket god buffertkapacitet (Naturvårdsverket 1999).

Kemisk syreförbrukning. Kemisk syreförbrukning (COD) är ett mått på mängden oxiderbart organiskt material som finns i vattnet. COD i Dragsfjärdens ytvatten vid den södra djuphålan uppvisar för perioden 1969-2006 en stigande trend för hela mätserien och vårvintern, medan trenden är svagt stigande för sommarperioden (Figur 25 a-c). Medelvärdet \pm standardavvikelsen för hela mätserien är $5.8 \pm 1.4 \text{ mg L}^{-1}$. För sommarperioden är motsvarande värden $5.6 \pm 1.5 \text{ mg L}^{-1}$ och för vårvintern $6.3 \pm 1.5 \text{ mg L}^{-1}$. I bottenvattnet är

trenden dock svagt sjunkande (Figur 26 a-c). Medelvärdet \pm standardavvikelsen för hela mätserien är $6.9 \pm 2.3 \text{ mg L}^{-1}$. För sommarperioden är motsvarande värden $7.1 \pm 3.1 \text{ mg L}^{-1}$ och för vårvintern $6.7 \pm 1.4 \text{ mg L}^{-1}$. Ett COD värde på 4-8 mg L^{-1} klassas som låg halt medan 8-12 mg L^{-1} klassas som måttligt hög halt (Naturvårdsverket 1999).

Växtkartering

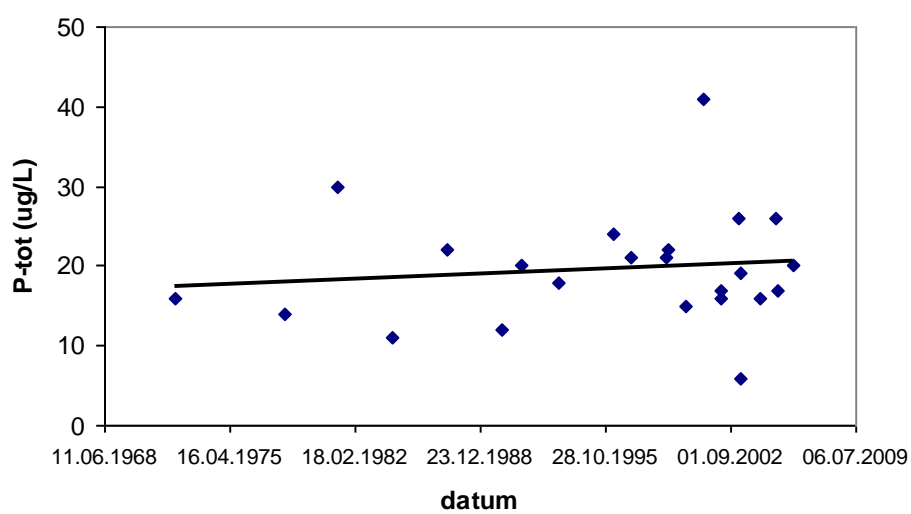
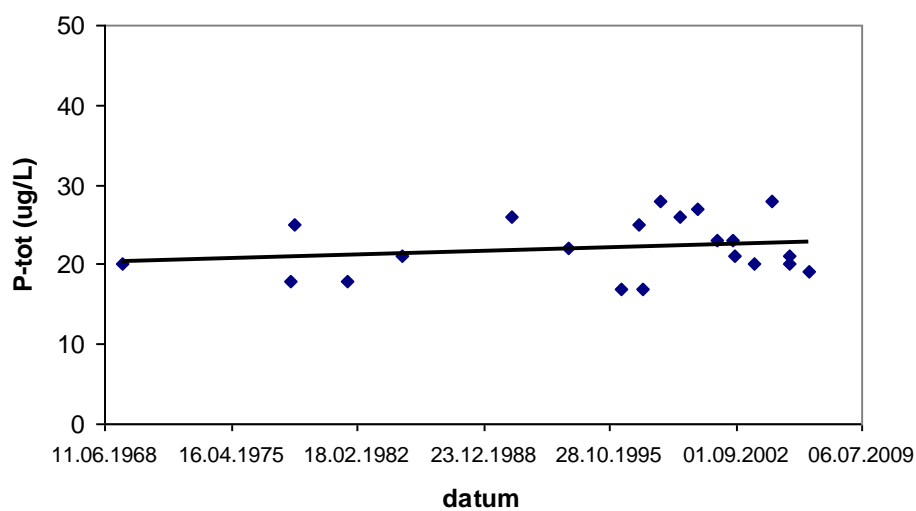
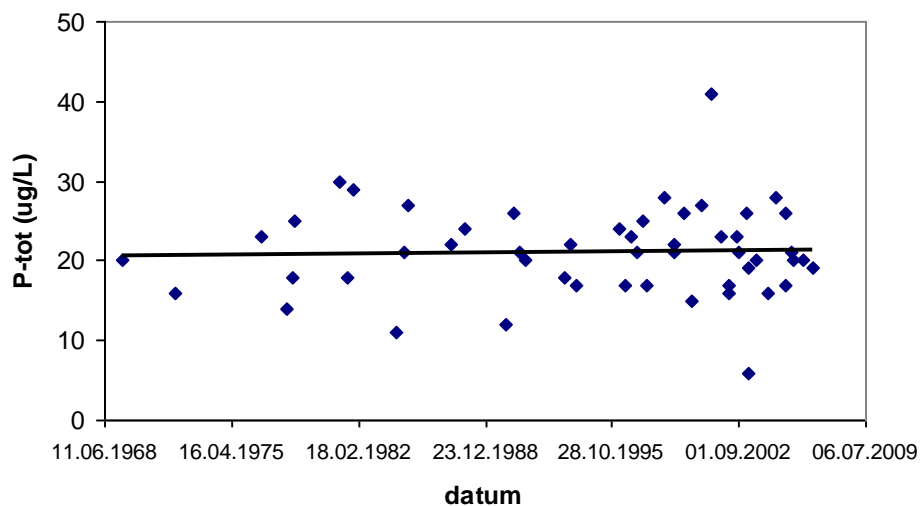
Vid växtkarteringen 1990 påträffades 14 kärlväxter och en vattenmossa i Dragsfjärden (Tabell 2). På basen av växtkarteringen klassades sjön, med undantag för några vikar i den norra delen, som oligotrof (Friman m.fl. 1991). I sjöns södra del, från Vidnäs och söderut, var växtligheten artfattigare och biomassan mindre än i sjöns norra del. Bredkaveldun, igelknopp, slamkrypa och vass påträffades inte alls i den södra delen. I sjöns sydspets fanns enstaka bestånd av axslinga, gul näckros, gäddnate och trubbnate. Näckmossans utbredning var begränsad till sjöns södra del. I sjöns norra del, speciellt längs den nordöstra stranden och i Söderbyviken, var växtligheten artrik och bestånden täta. Axslinga, bredkaveldun, gul näckros, gäddnate, igelknopp, sjöfräken, vass och ålnate var typiska vattenväxter för sjöns norra del (Friman m.fl. 1991).

Tabell 2. Vattenväxter påträffade i Dragsfjärden vid växtkarteringen 1990 och 2007.

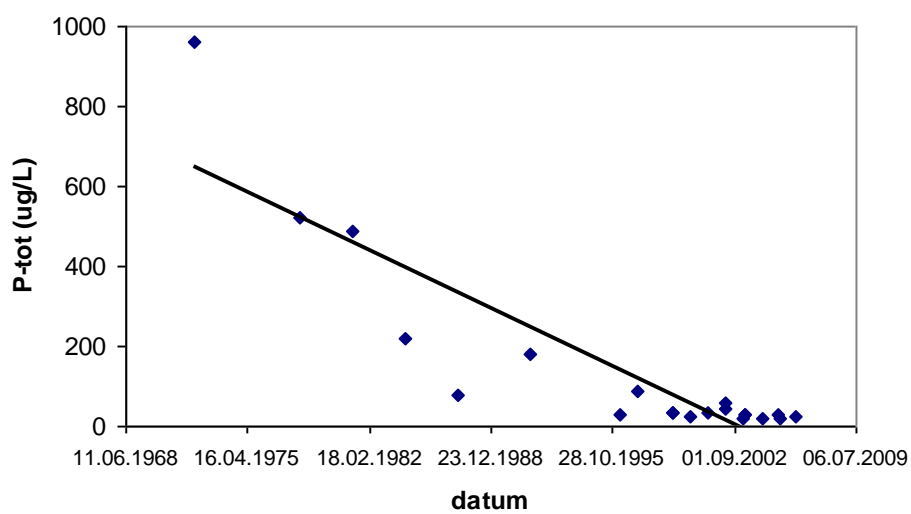
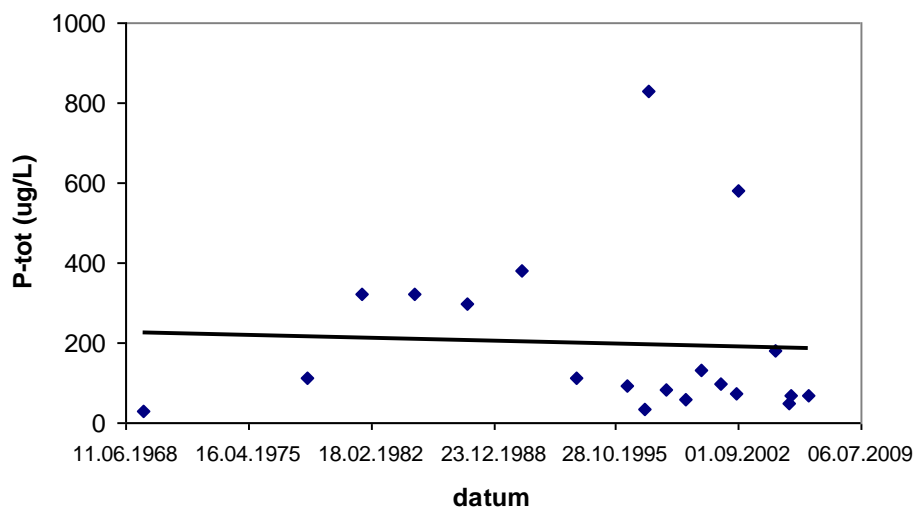
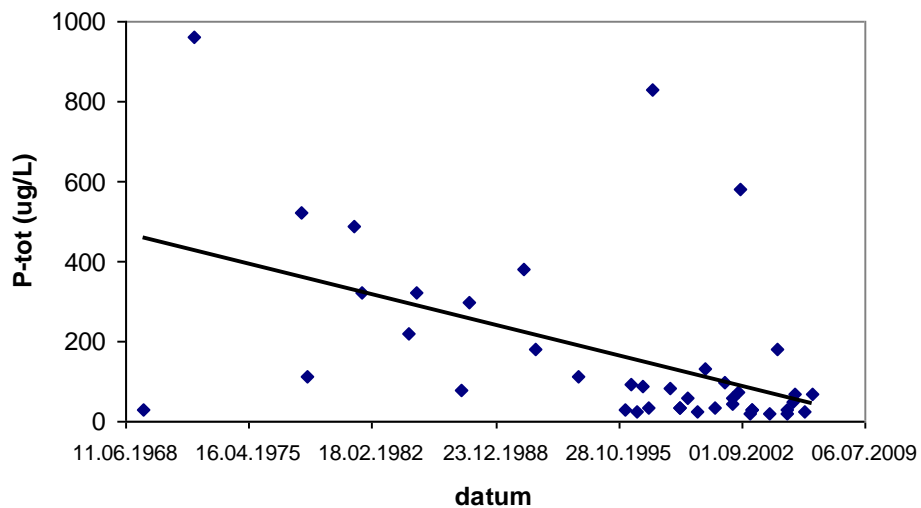
Klassificering	Artnamn	1990	2007
Helofyter	bredkaveldun (<i>Typha latifolia</i>)	+	+
	flaskstarr (<i>Carex rostrata</i>)	-	+
	igelknopp (<i>Sparganium emersum</i>)	+	+
	knappsäv (<i>Eleocharis palustris</i>)	+	+
	knappståg (<i>Juncus conglomerates</i>)	-	+
	missne (<i>Calla palustris</i>)	-	+
	sjöfräken (<i>Equisetum fluviatile</i>)	+	+
	smalkaveldun (<i>Typha angustifolia</i>)	-	+
	svalting (<i>Alisma plantago-aquatica</i>)	-	+
	svärdsilja (<i>Iris pseudacorus</i>)	-	+
	vass (<i>Phragmites australis</i>)	+	+
	Nymfeider	gul näckros (<i>Nuphar lutea</i>)	+
gäddnate (<i>Potamogeton natans</i>)		+	+
plattbladig igelknopp (<i>Sparganium angustifolium</i>)		+	+
Elodeider	axslinga (<i>Myriophyllum spicatum</i>)	+	+
	trubbnate (<i>Potamogeton obtusifolius</i>)	+	-
	ålnate (<i>Potamogeton perfoliatus</i>)	+	+
Isoetider	notblomster (<i>Lobelia dortmanna</i>)	+	+
	slamkrypa (<i>Elatine hydropiper</i>)	+	+
	strandranunkel (<i>Ranunculus reptans</i>)	+	+
	sylört (<i>Subularia aquatica</i>)	-	+
Vattenmossor	näckmossa (<i>Fontinalis antipyretica</i>)	+	+

Vid växtkarteringen utförd inom ramen för detta projekt påträffades 20 kärlväxter och en vattenmossa i sjön (Tabell 2). Med undantag för trubbnate påträffades samtliga vattenväxter som vid karteringen 1990. Därtill fanns flaskstarr, knappståg, missne, smalkaveldun, svalting, svärdsilja och sylört i sjön. Bestånden av flaskstarr var så utbredda att arten borde ha funnits i

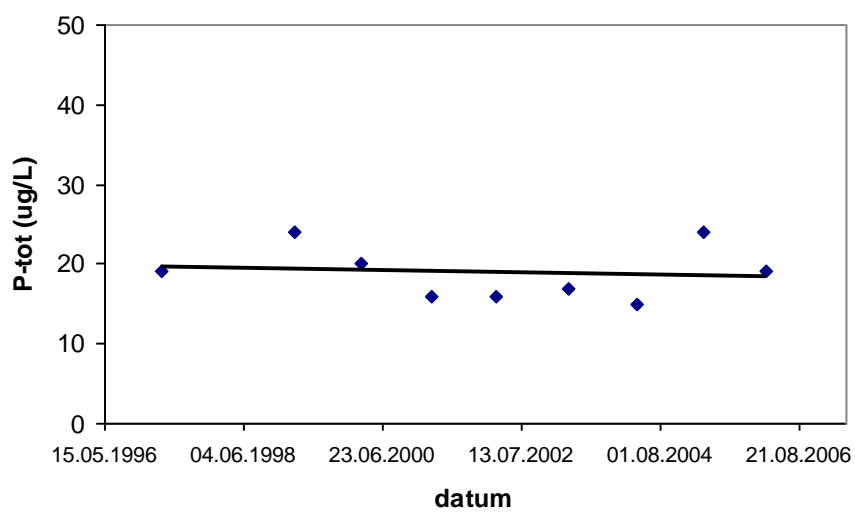
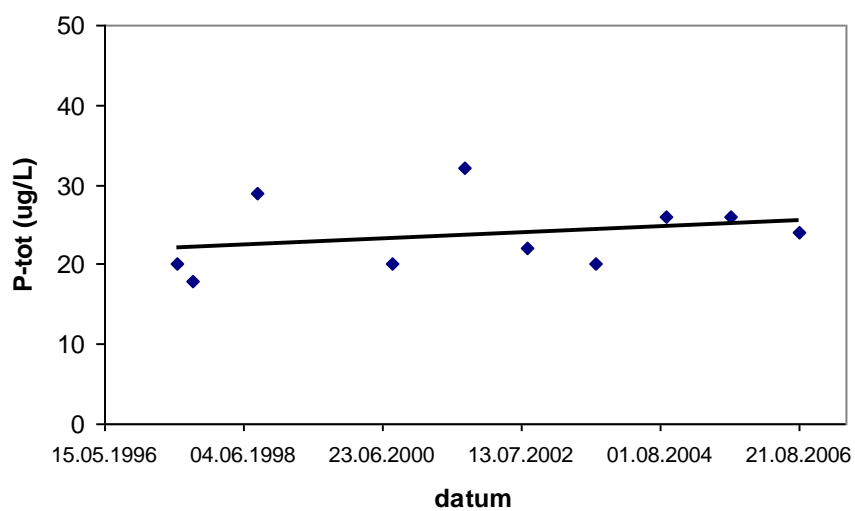
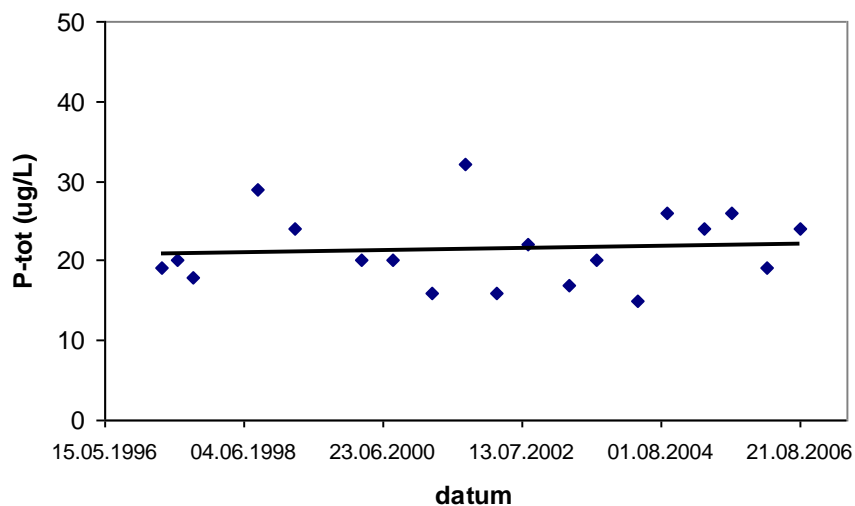
sjön redan 1990, men den kanske då klassades som strandväxt. Ett enstaka bestånd av knapptåg påträffades i sjöns södra del. Längs med Långnäsuddens östra strand fanns likaså ett enstaka men utbrett bestånd av smalkaveldun. Missne påträffades i Jordbroviken och i sjöns sydligaste del. Sylört fanns i Kullaviken, Munkviken och vid två lokaler mellan Laxvik och Finnvik. Svalting och svärdsilja påträffades på många ställen i sjön. Bredkaveldun och vass påträffades så långt söderut som vid Munkviken och igelknopp i sjöns sydspets. Sedan växtkarteringen 1990 har bestånden av vass brett ut sig, speciellt längs med sjöns nordöstra strand. Liksom vid karteringen 1990 var växtligheten artfattigare och biomassan mindre i sjöns södra del. Axslinga, flaskstarr, gul näckros och näckmossa var typiska för den södra delen. Typiska vattenväxter för sjöns norra del var axslinga, bredkaveldun, flaskstarr, gul näckros, igelknopp, plattbladig igelknopp, sjöfräken, vass och ålnate. En karta över växternas utbredning i Dragsfjärden ges i Figur 27-28, medan typexemplar finns dokumenterade på bild i Bilaga 2. På basen av antalet arter av undervattens- och flytbladsväxter kan Dragsfjärden klassas som en ganska artrik sjö (Naturvårdsverket 1999).



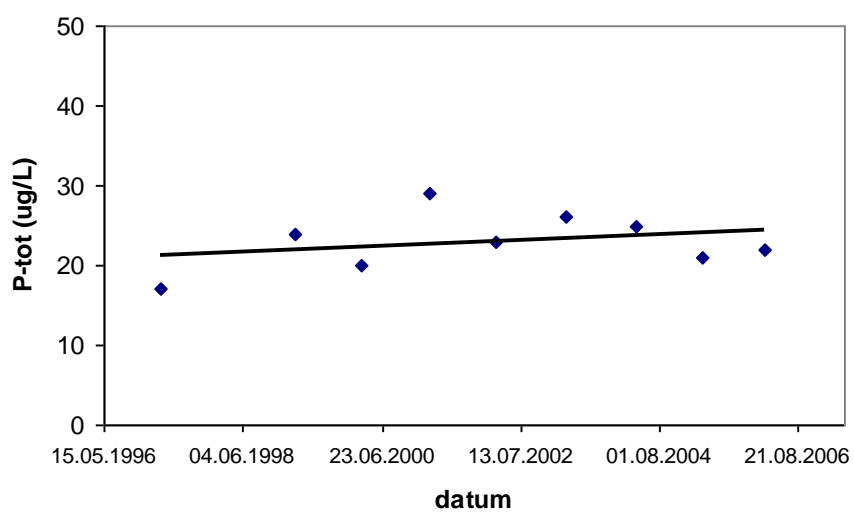
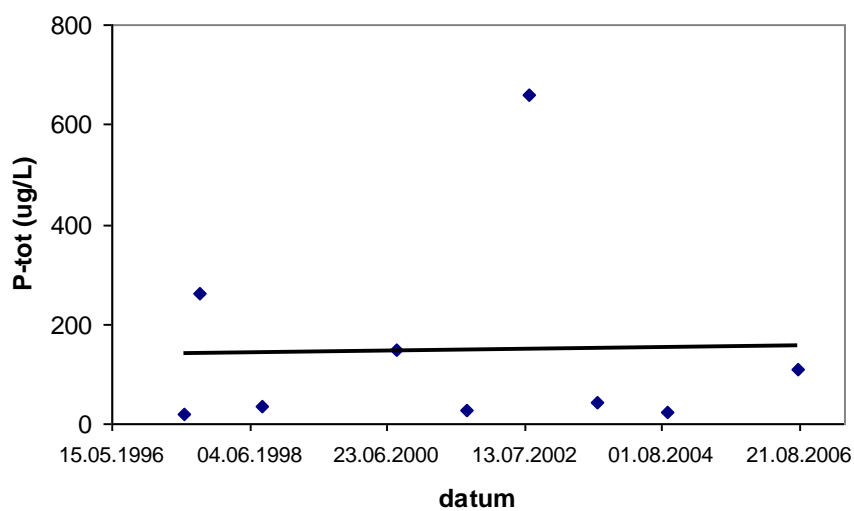
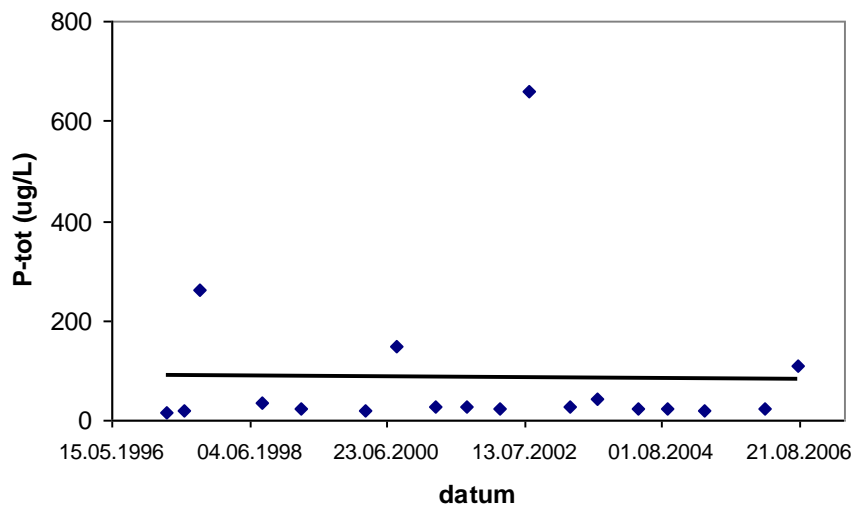
Figur 1. Totalfosforhalten i ytvattnet (0-2 m) vid den södra djuphålan (H1) under perioden 1969-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



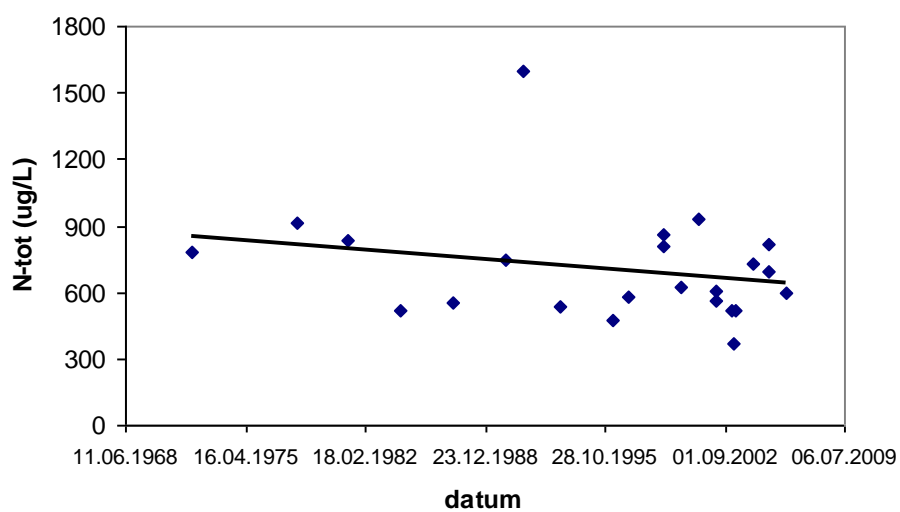
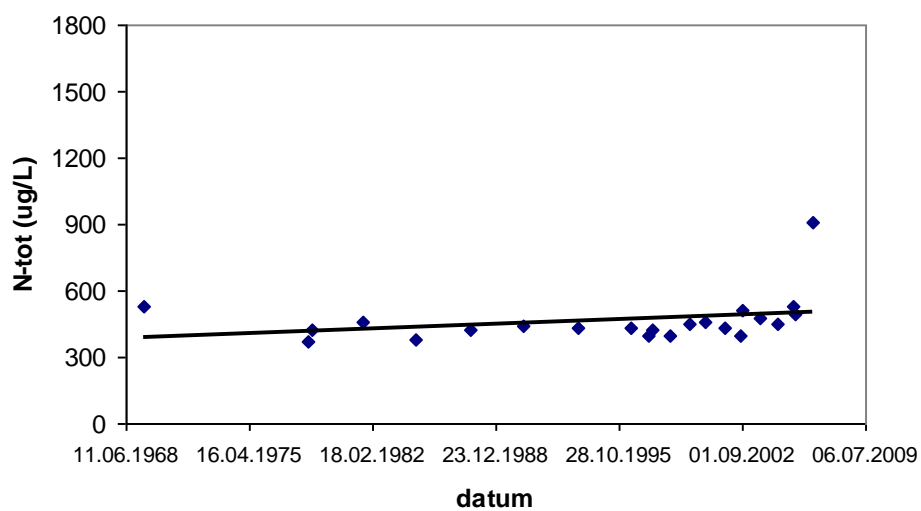
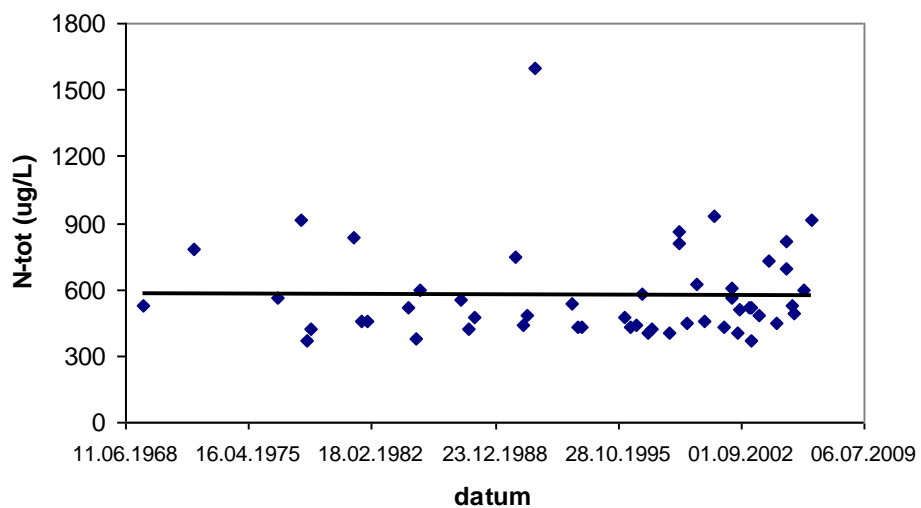
Figur 2. Totalfosforhalten i bottenvattnet (14-15 m) vid den södra djuphålan (H1) under perioden 1969-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



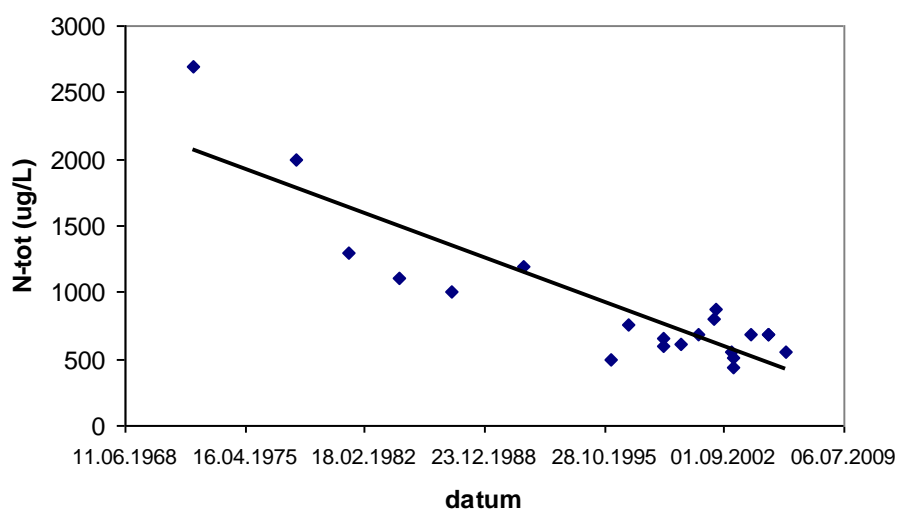
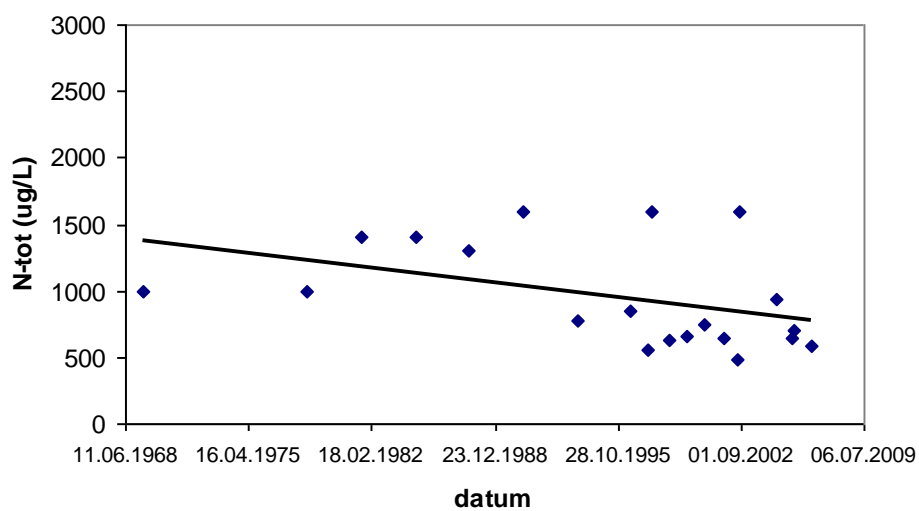
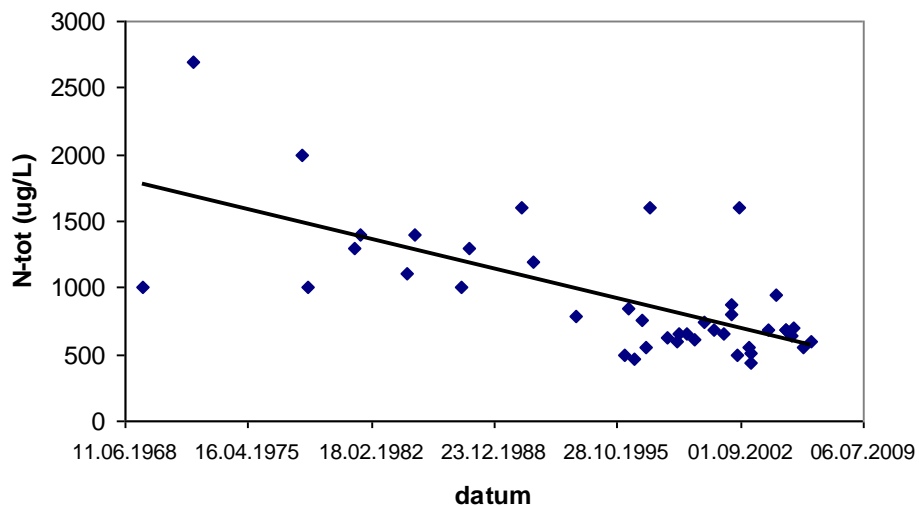
Figur 3. Totalfosforhaltenen i ytvattnet (0-2 m) vid den norra djuphålan (H2) under perioden 1997-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



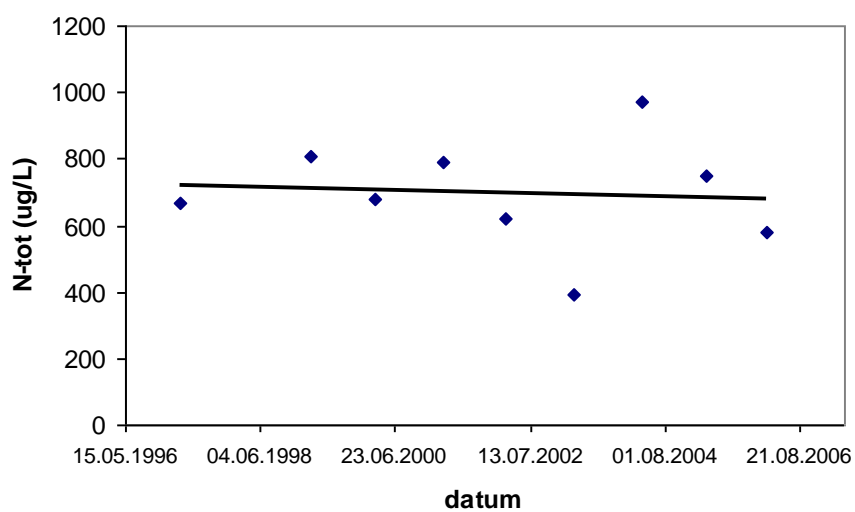
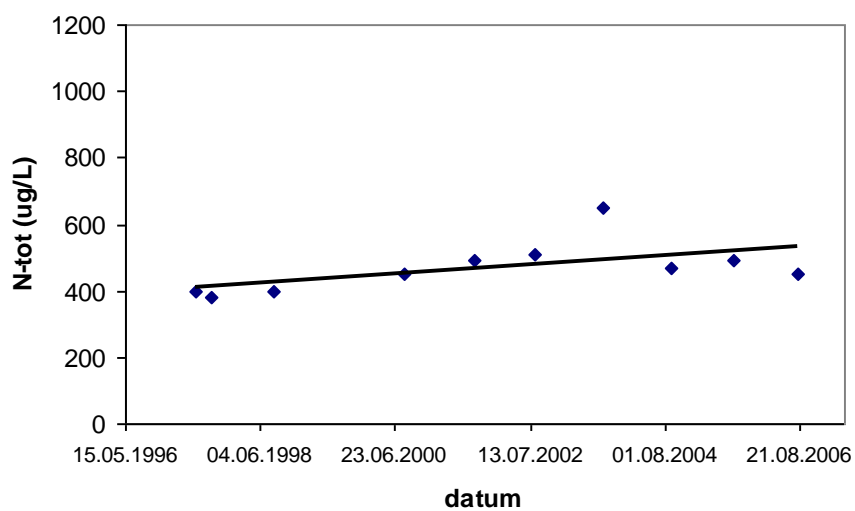
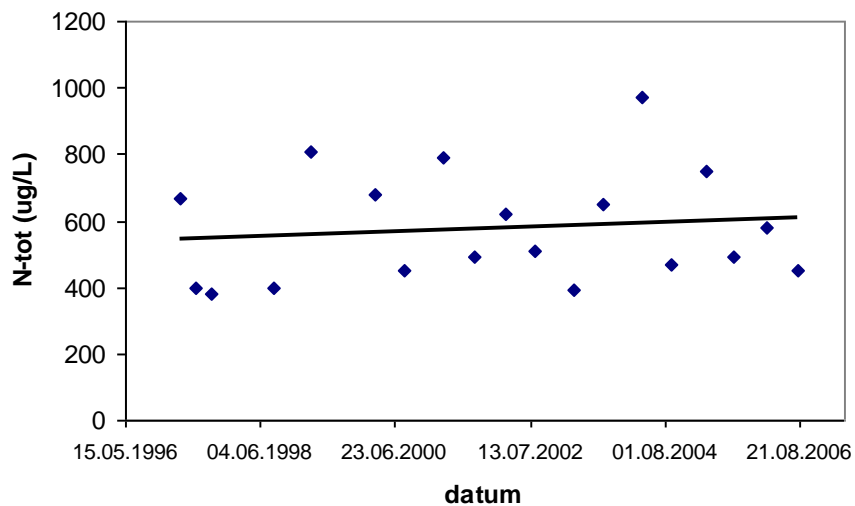
Figur 4. Totalfosforhalten i bottenvattnet (9-10 m) vid den norra djuphålan (H2) under perioden 1997-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



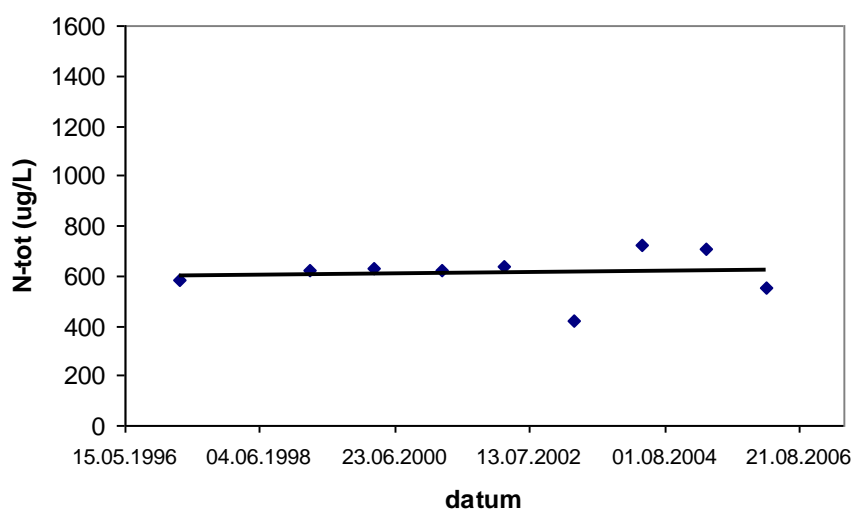
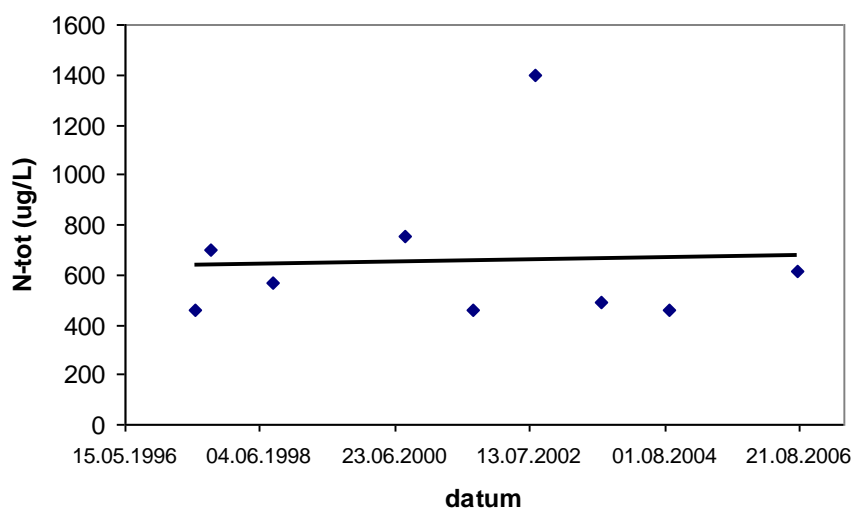
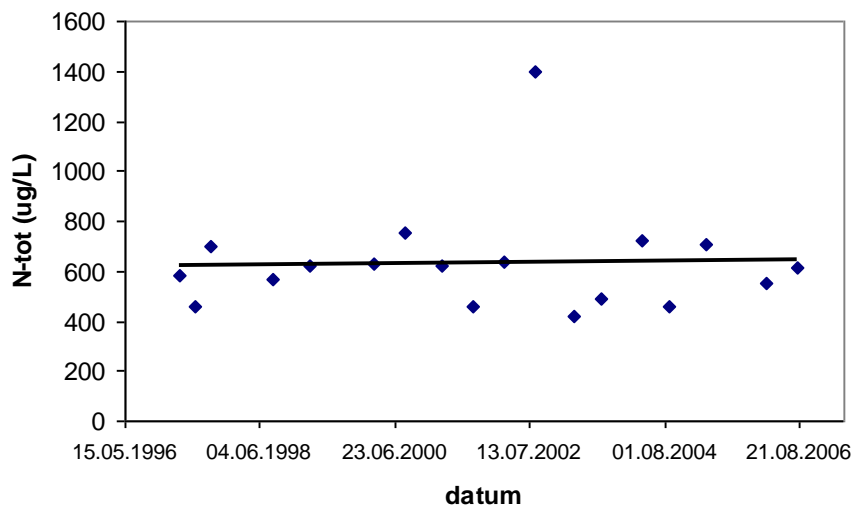
Figur 5. Totalkvävehalten i ytvattnet (0-2 m) vid den södra djuphålan (H1) under perioden 1969-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



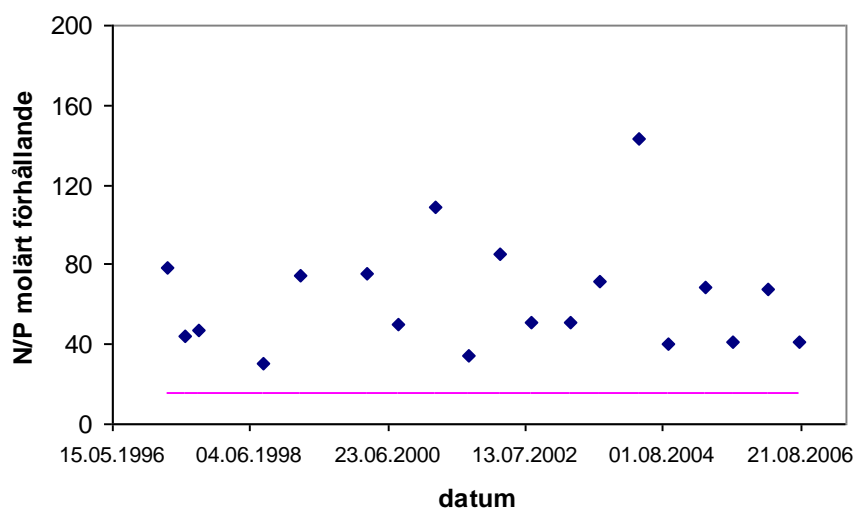
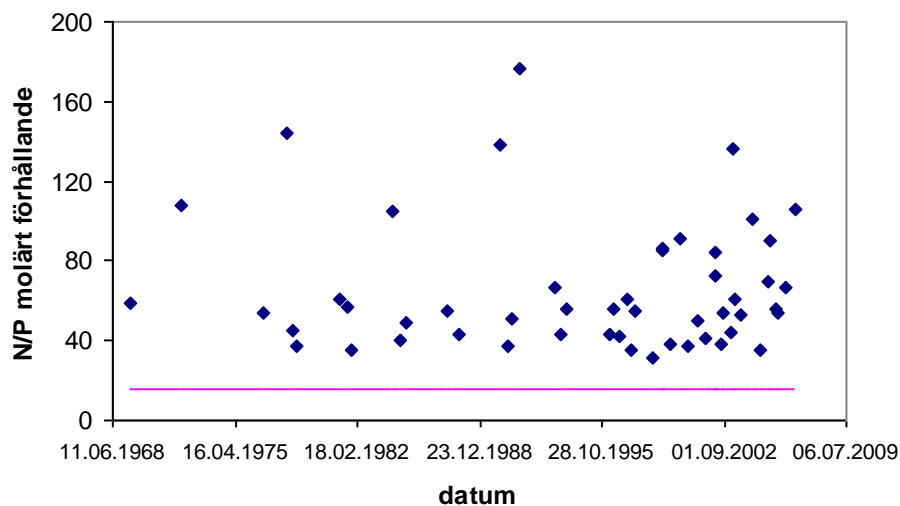
Figur 6. Totalkvävehalten i bottenvattnet (14-15 m) vid den södra djuphålan (H1) under perioden 1969-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



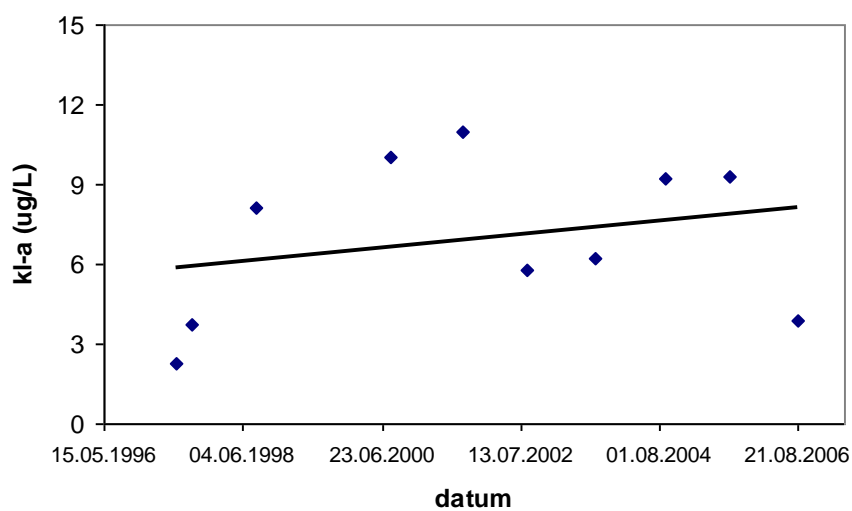
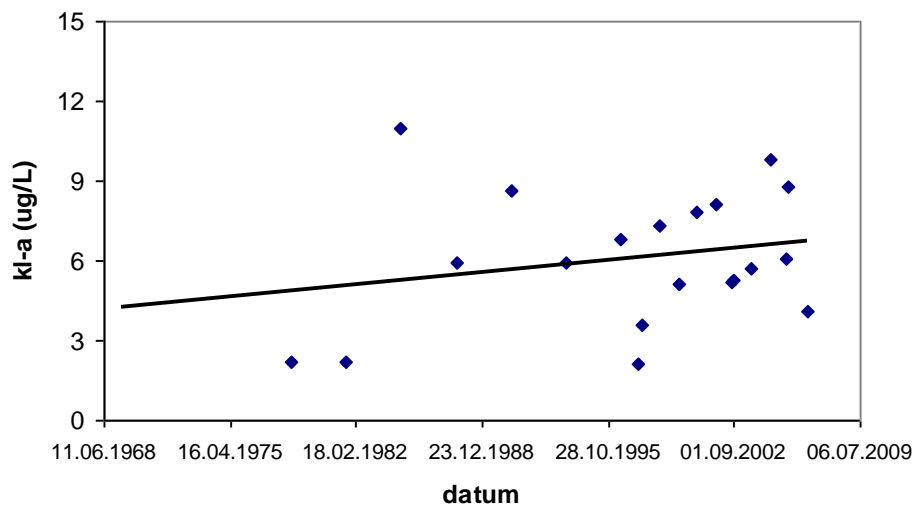
Figur 7. Totalkvävehalten i ytvattnet (0-2 m) vid den norra djuphålan (H2) under perioden 1997-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



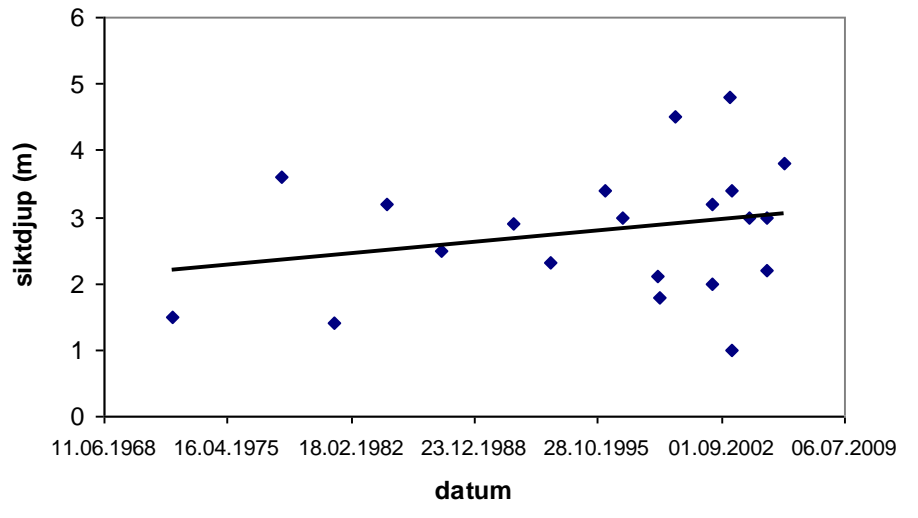
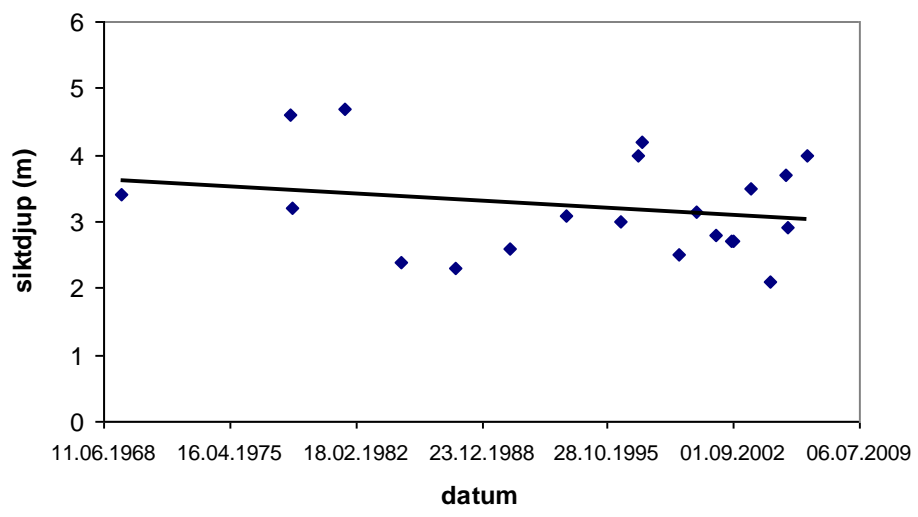
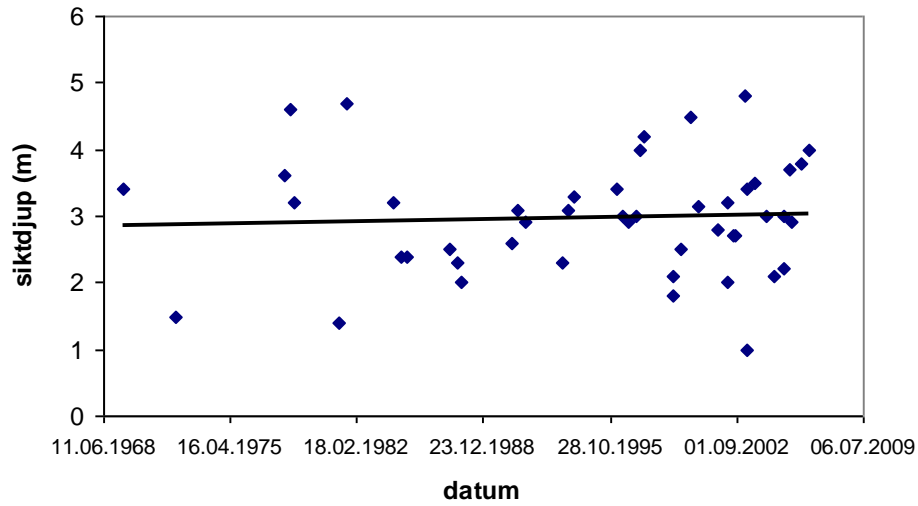
Figur 8. Totalkvävehalten i bottenvattnet (9-10 m) vid den norra djuphålan (H2) under perioden 1997-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



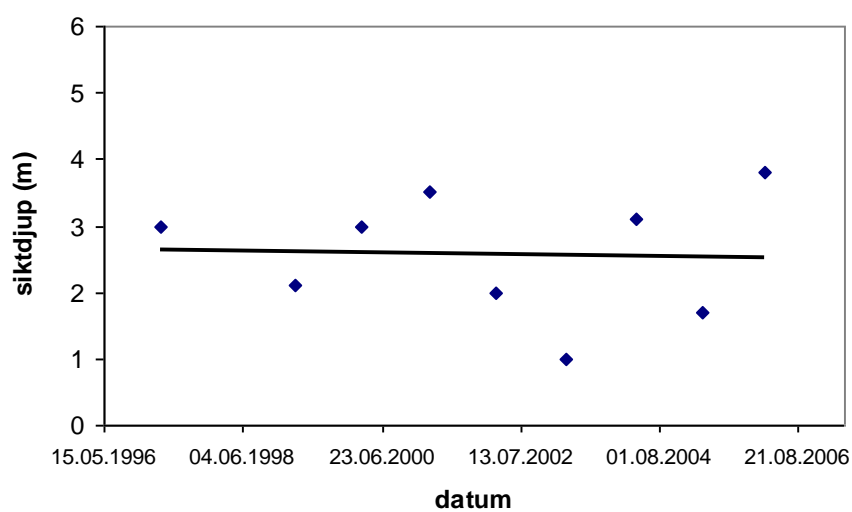
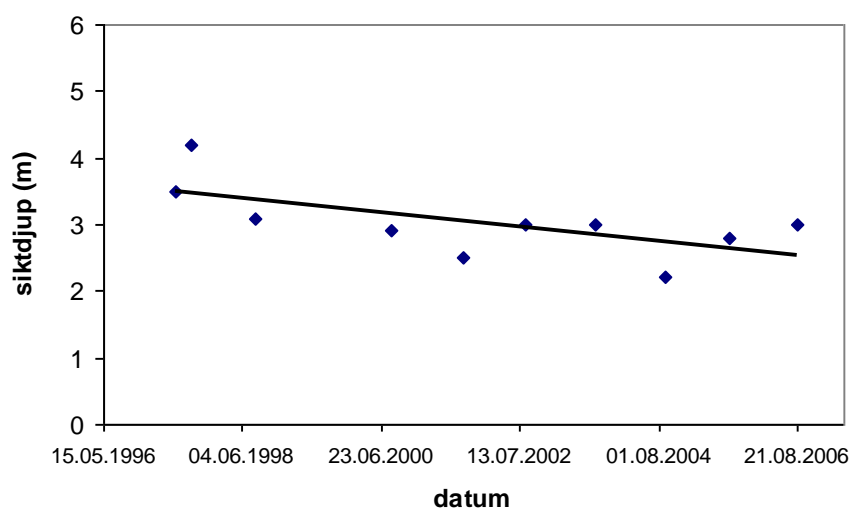
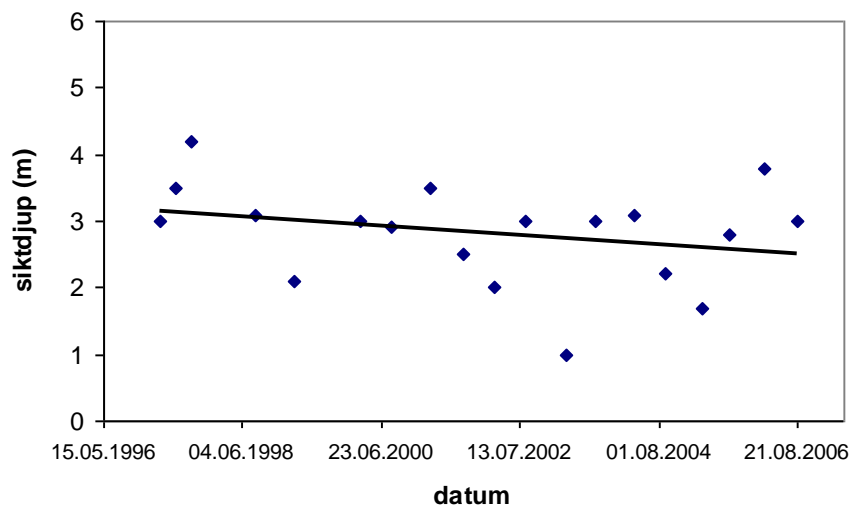
Figur 9. (a) Totalkväve/totalfosforkvoten i ytvattnet (0-2 m) vid den södra djuphålan (H1) under perioden 1969-2006 och (b) vid den norra djuphålan (H2) under perioden 1997-2006 (samtliga data). Den röda linjen markerar Redfield förhållandet (N/P = 16:1).



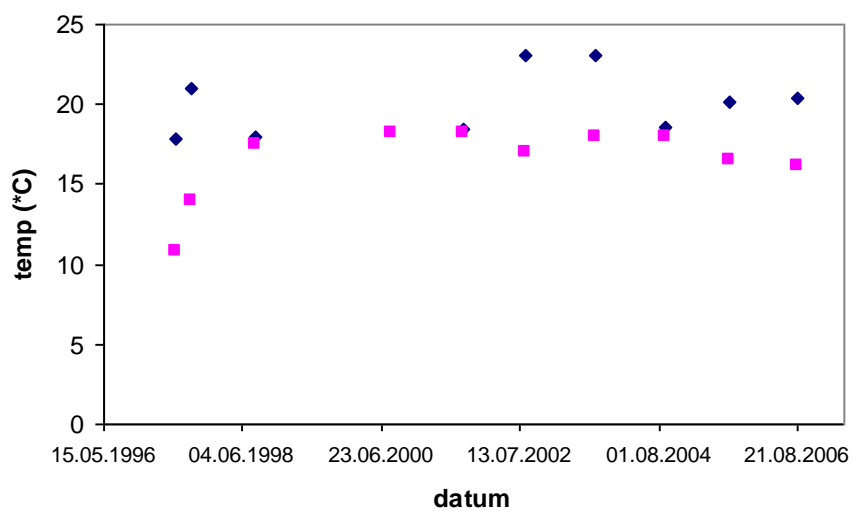
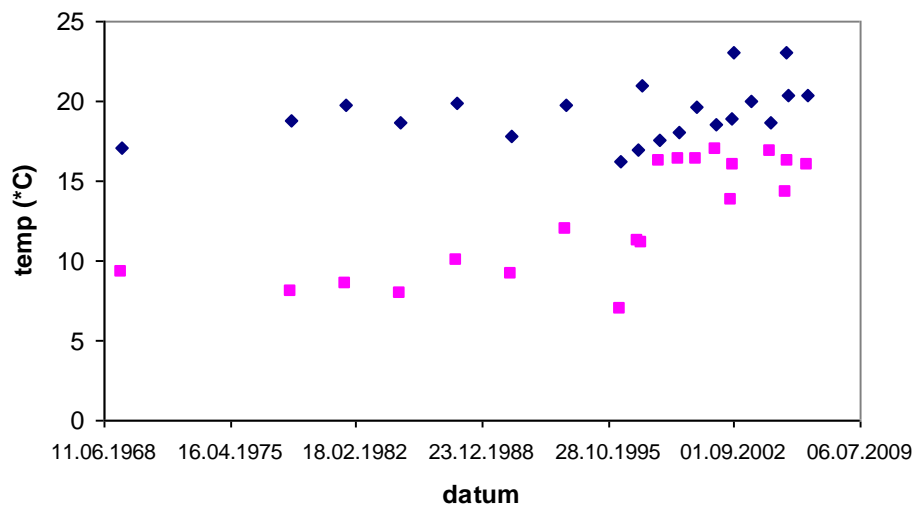
Figur 10. (a) Klorofyll-a halten i ytvattnet (0-2 m) vid den södra djuphålan (H1) under perioden 1969-2006 och (b) vid den norra djuphålan (H2) under perioden 1997-2006. Sommardata (maj-september).



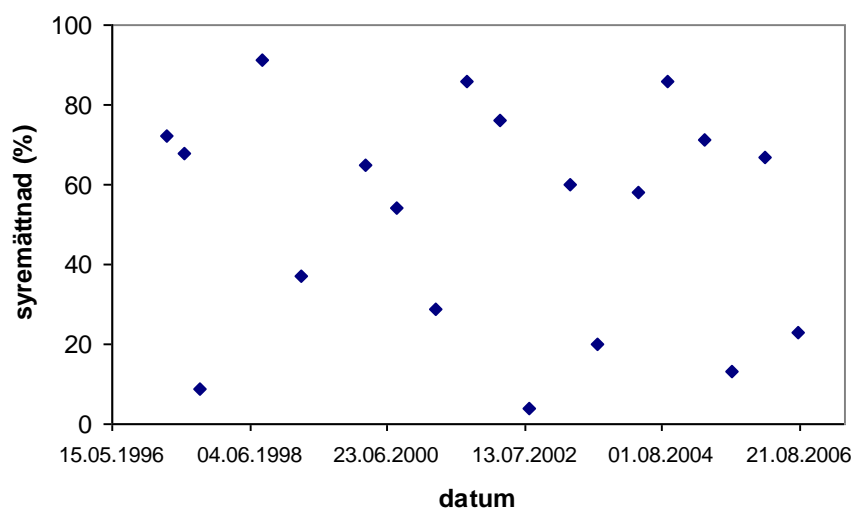
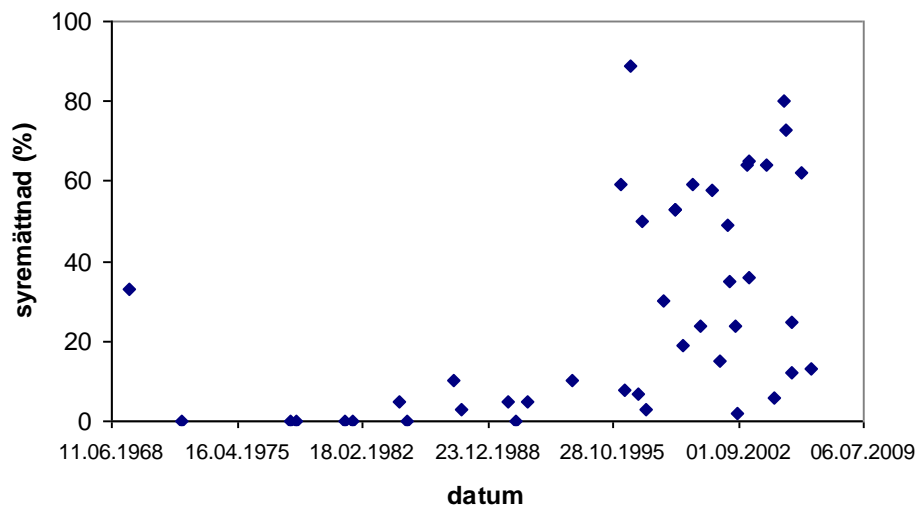
Figur 11. Sikt djupet vid den södra djuphålan (H1) under perioden 1969-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



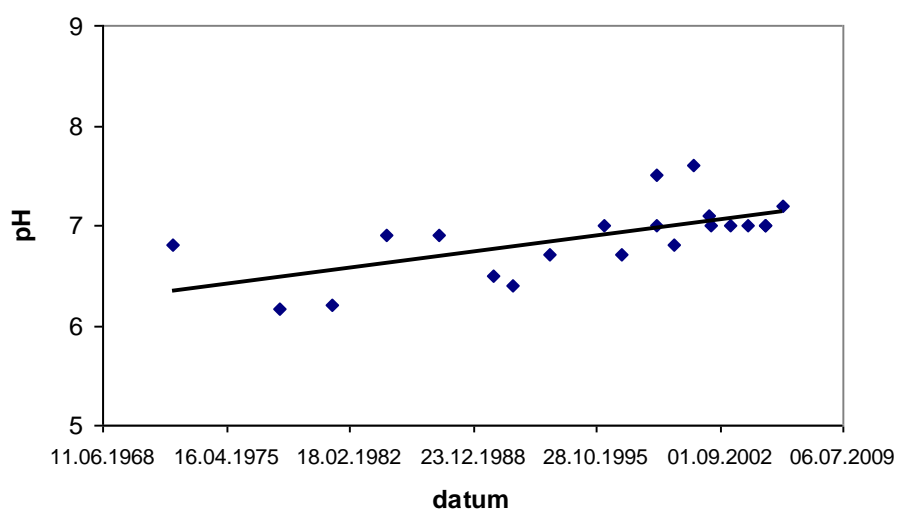
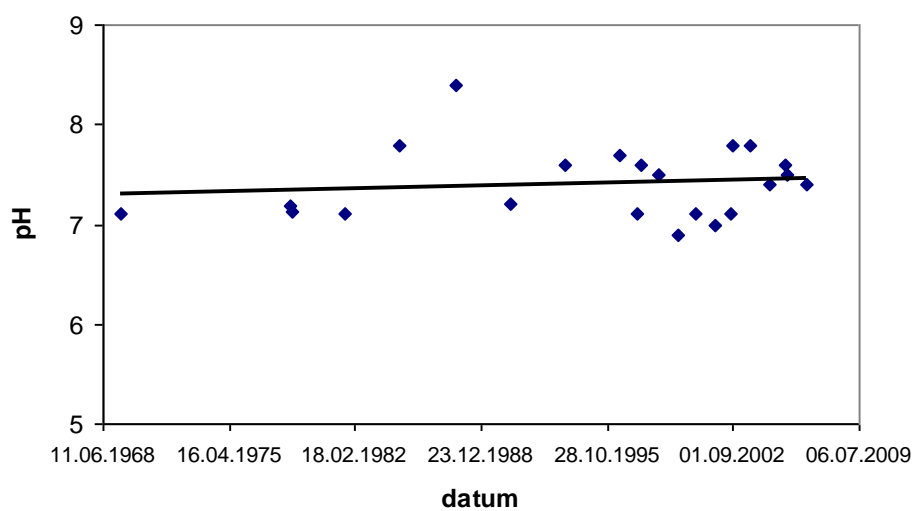
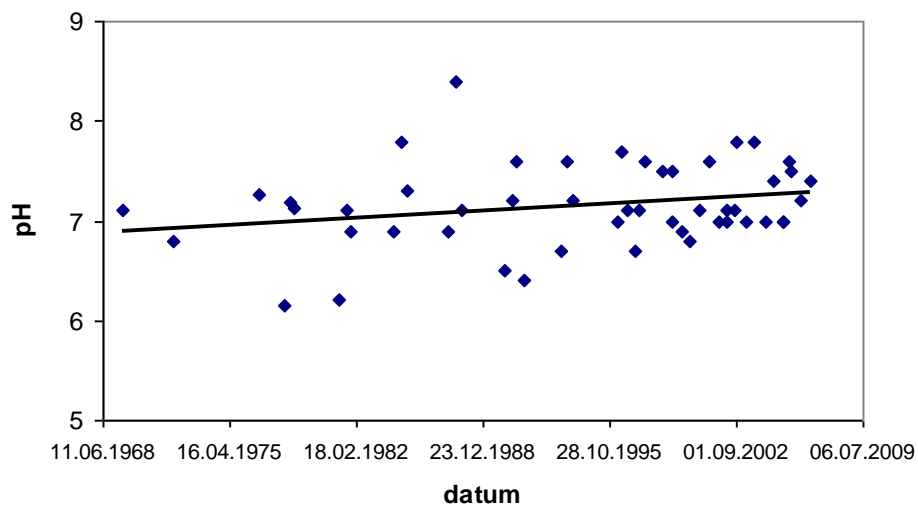
Figur 12. Siktdjupet vid den norra djuphålan (H2) under perioden 1997-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



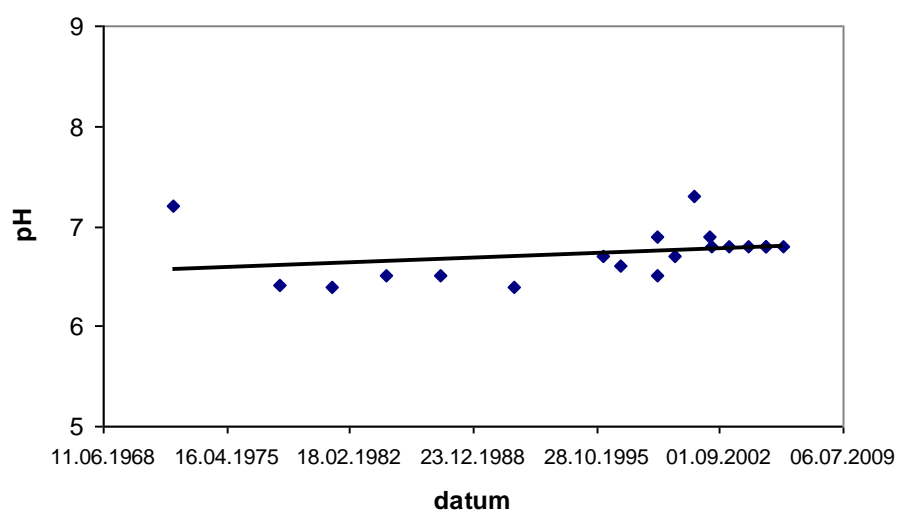
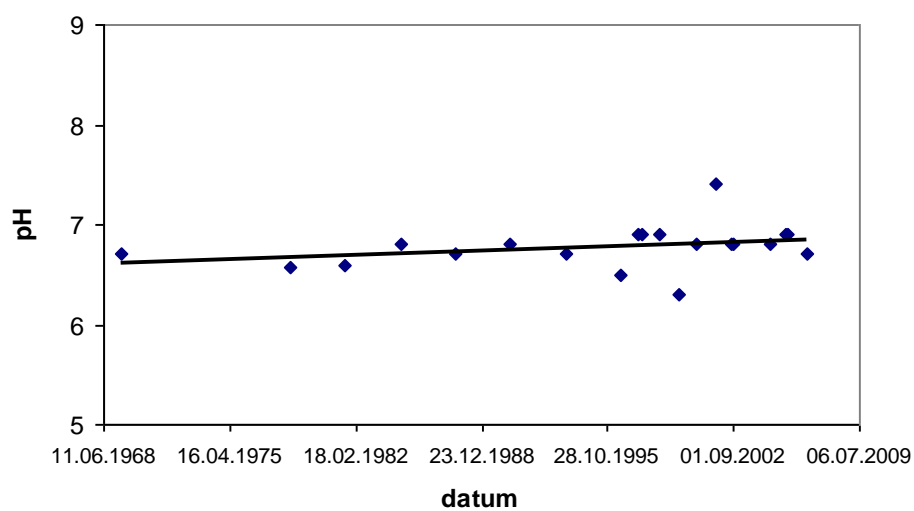
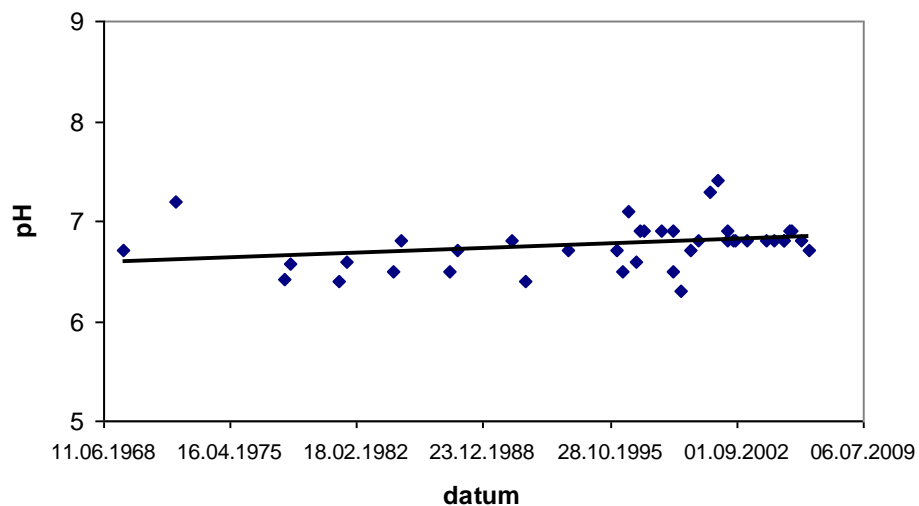
Figur 13. (a) Temperaturen i ytvattnet (♦) och i bottenvattnet (□) vid den södra djuphålan (H1) under perioden 1969-2006 och (b) vid den norra djuphålan (H2) under perioden 1997-2006. Sommardata (maj-september).



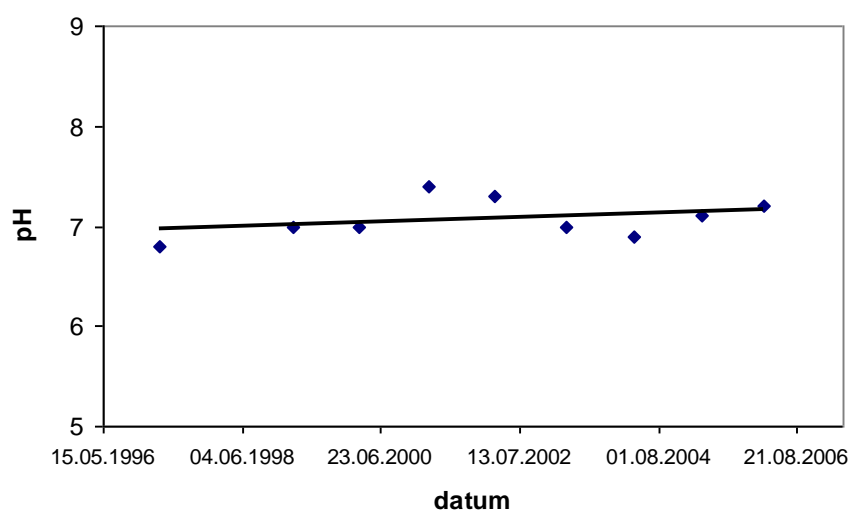
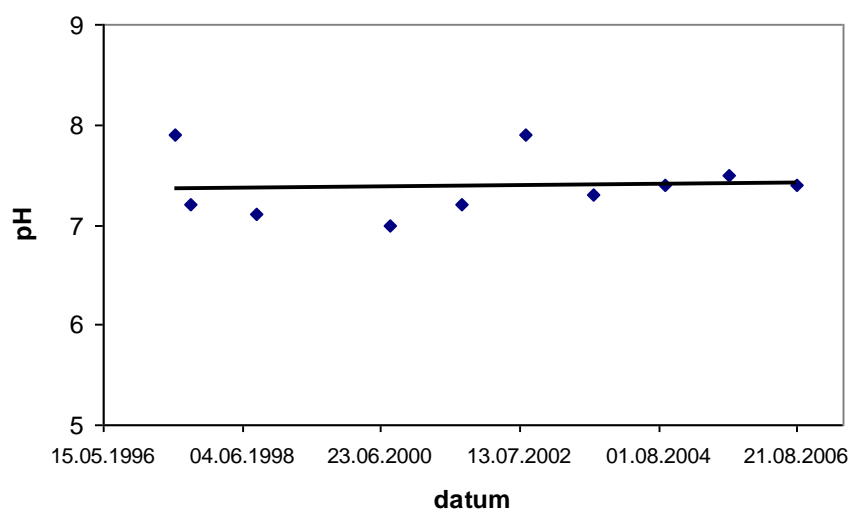
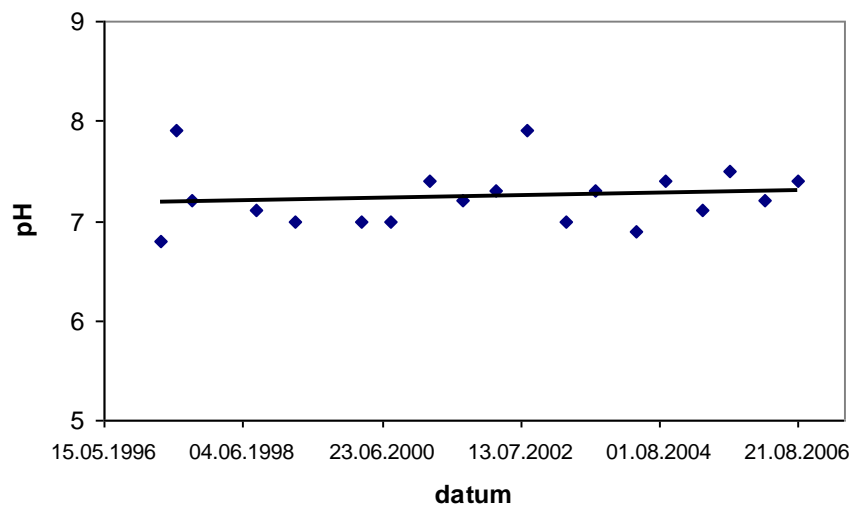
Figur 14. (a) Syremättnaden i bottenvattnet vid den södra djuphålan (H1) under perioden 1969-2006 och (b) vid den norra djuphålan (H2) under perioden 1997-2006. Samtliga data.



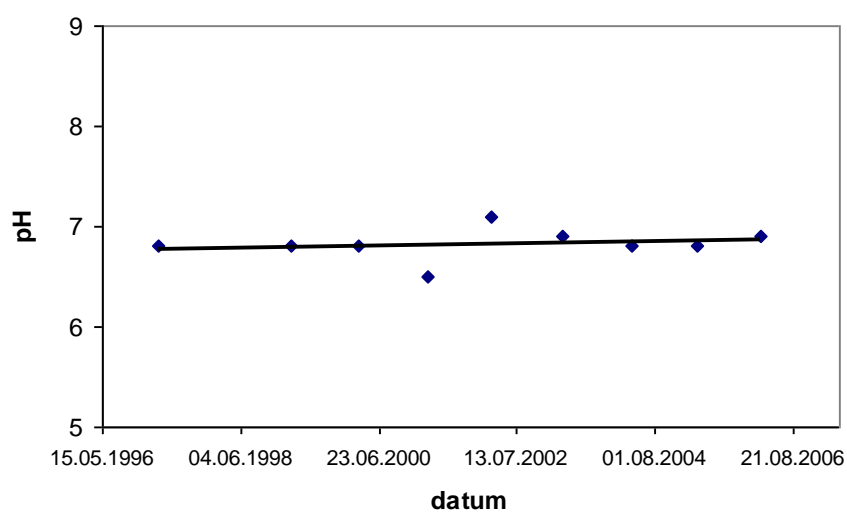
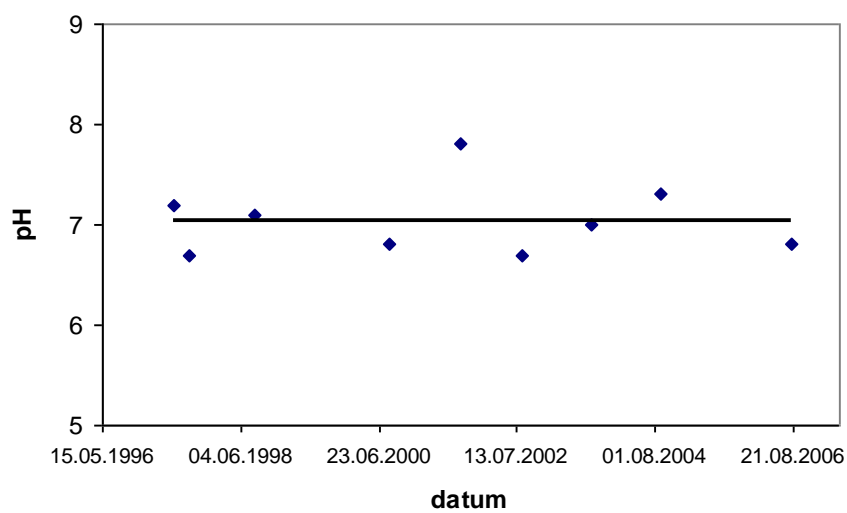
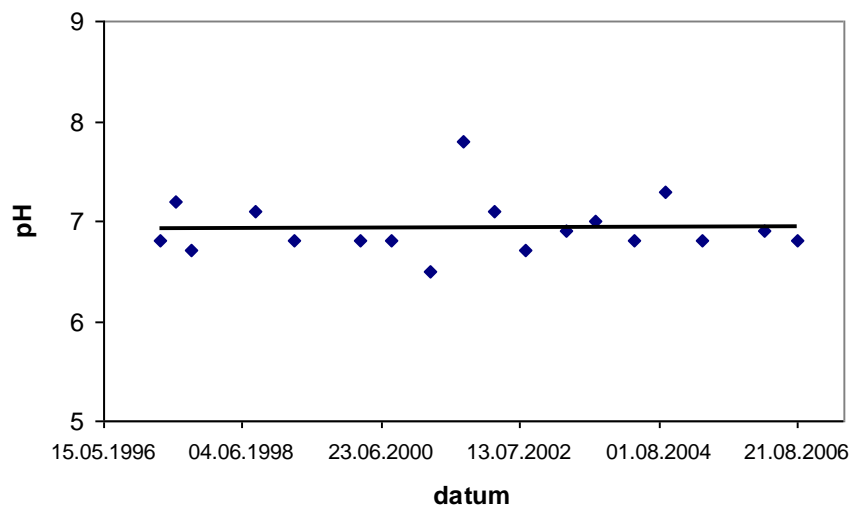
Figur 15. pH i ytvattnet (0-2 m) vid den södra djuphålan (H1) under perioden 1969-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



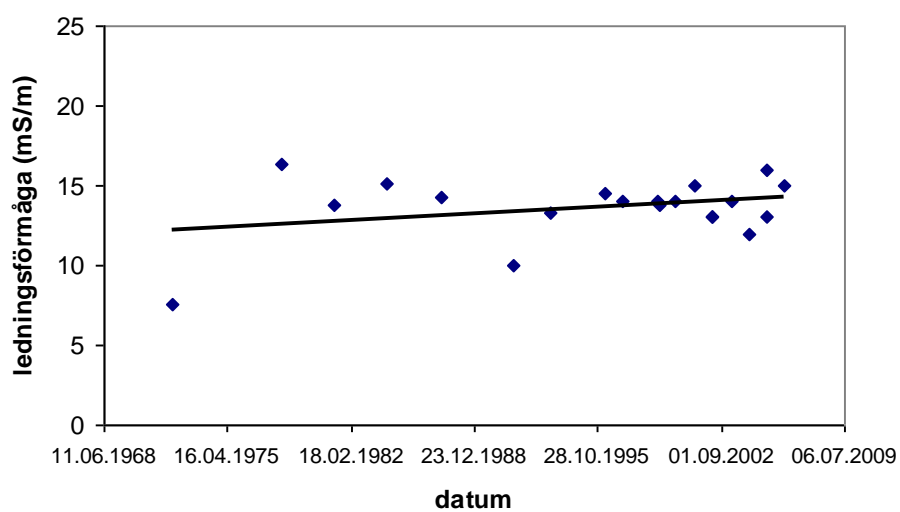
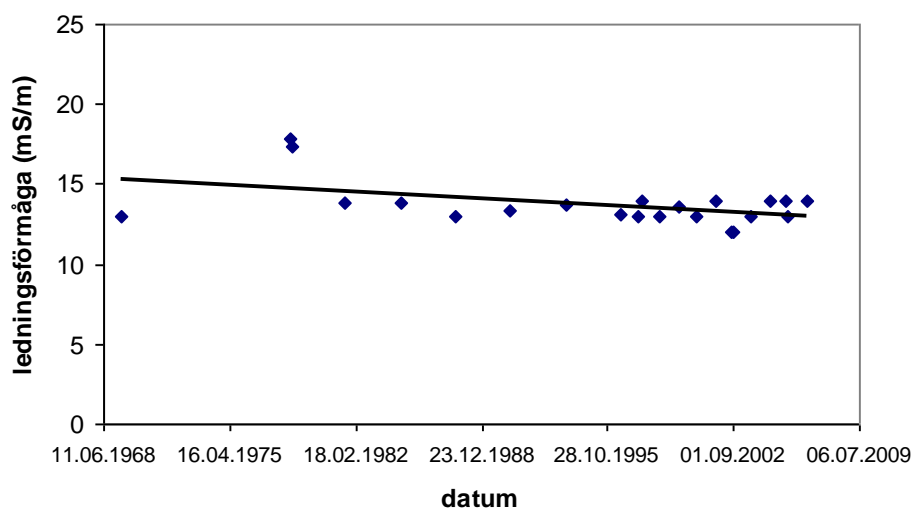
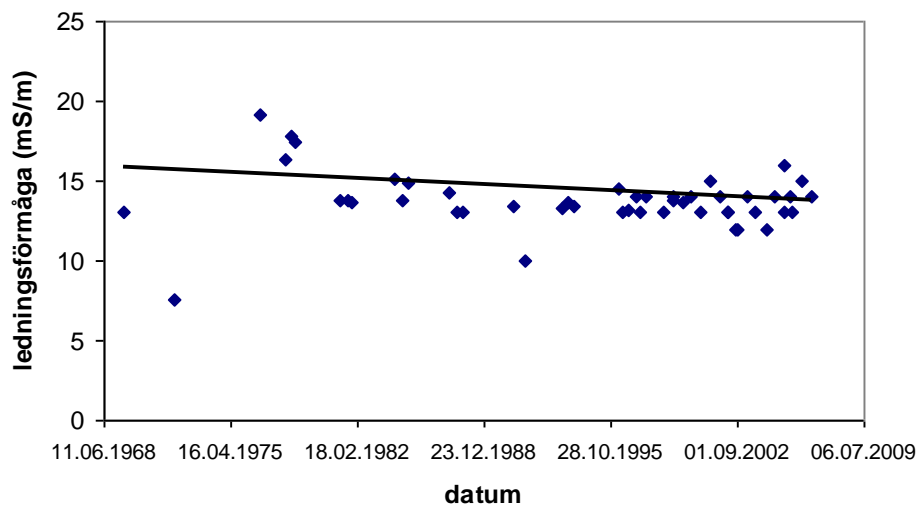
Figur 16. pH i bottenvattnet (14-15 m) vid den södra djuphålan (H1) under perioden 1969-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



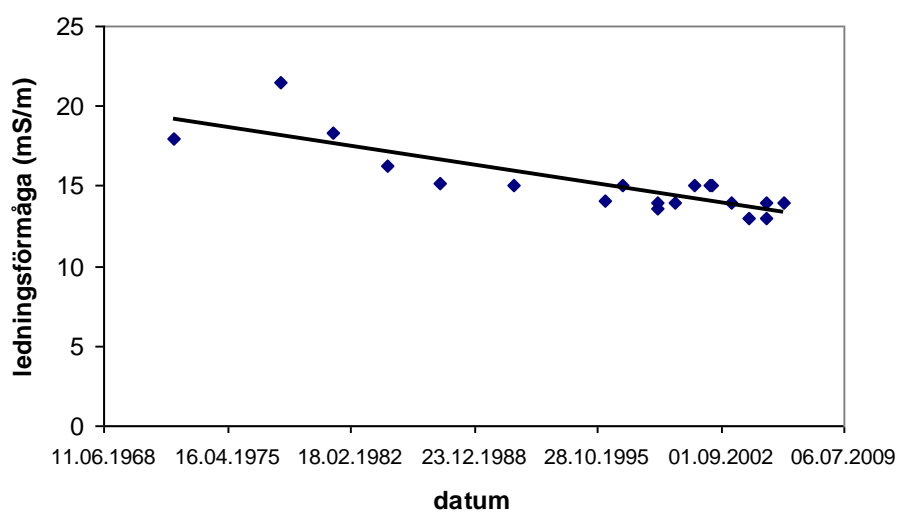
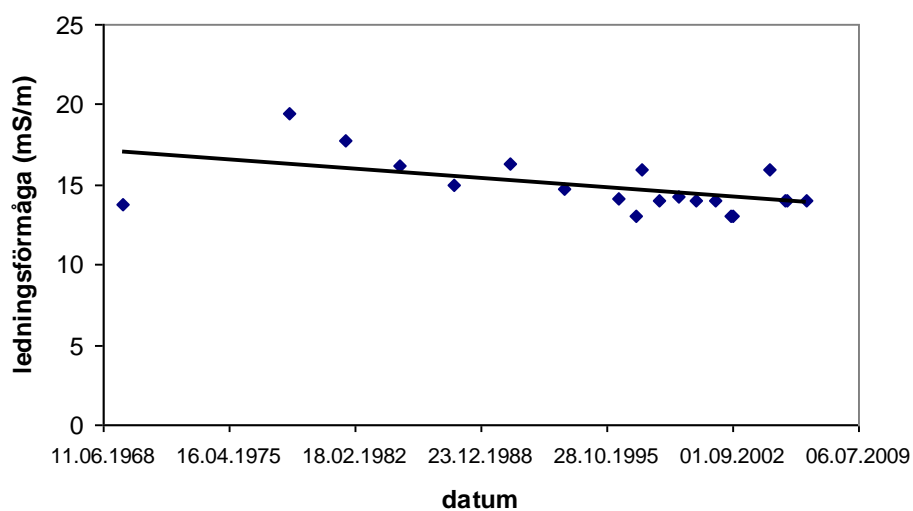
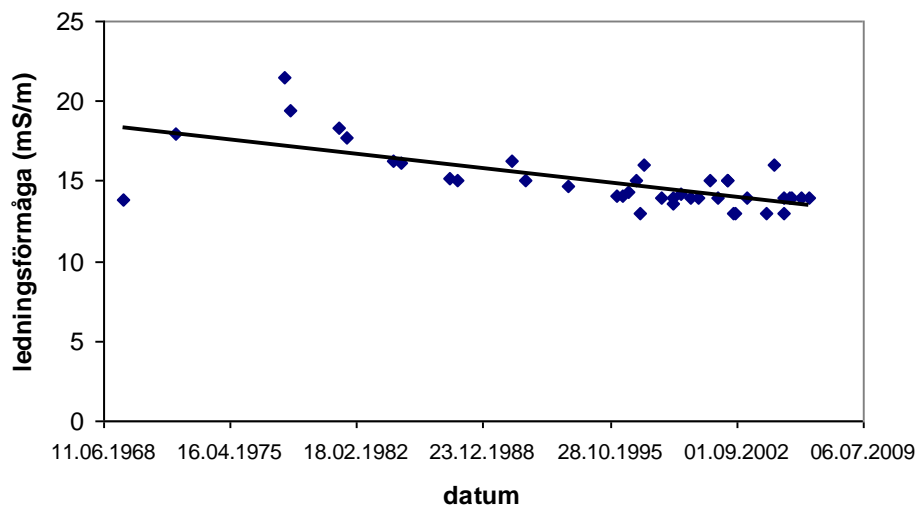
Figur 17. pH i ytvattnet (0-2 m) vid den norra djuphålan (H2) under perioden 1997-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



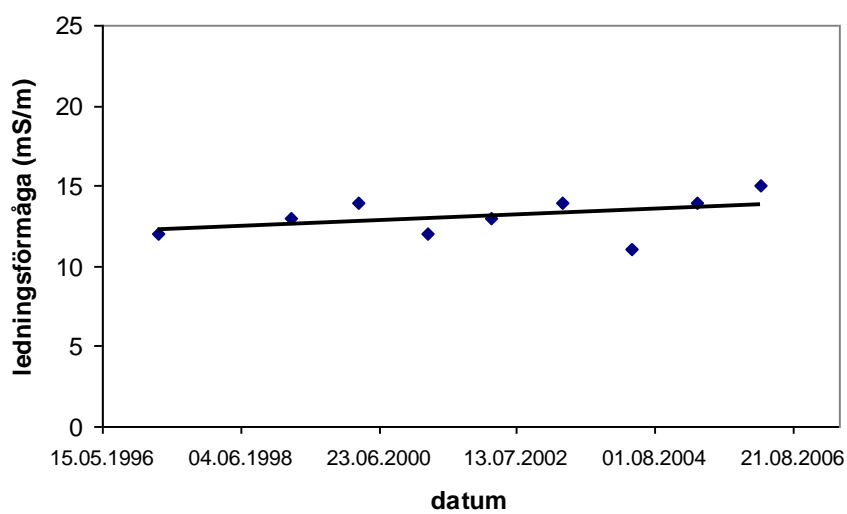
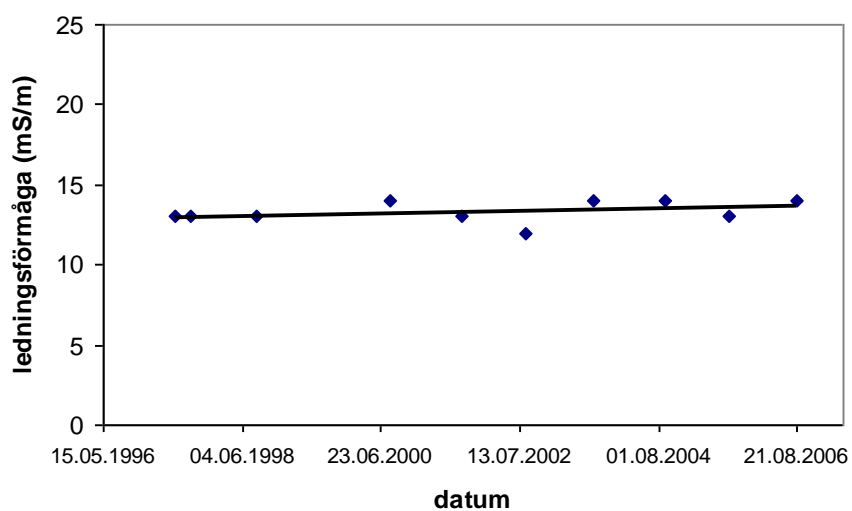
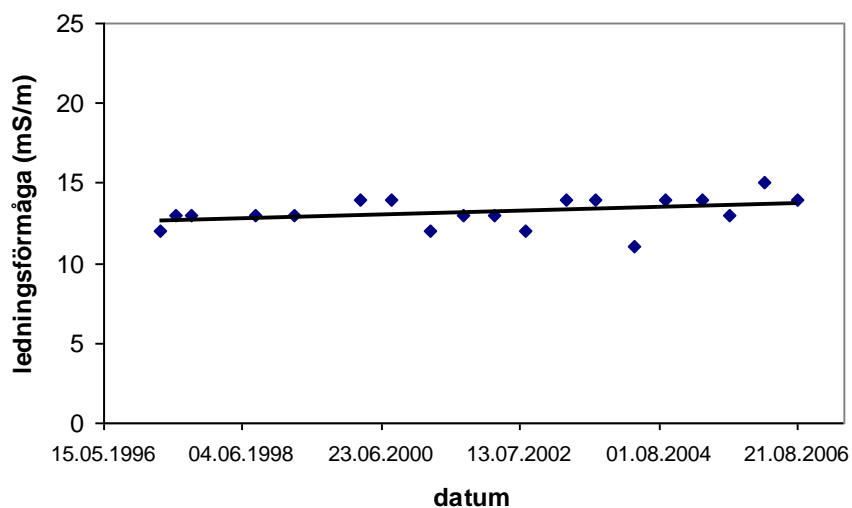
Figur 18. pH i bottenvattnet (9-10 m) vid den norra djuphålan (H2) under perioden 1997-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



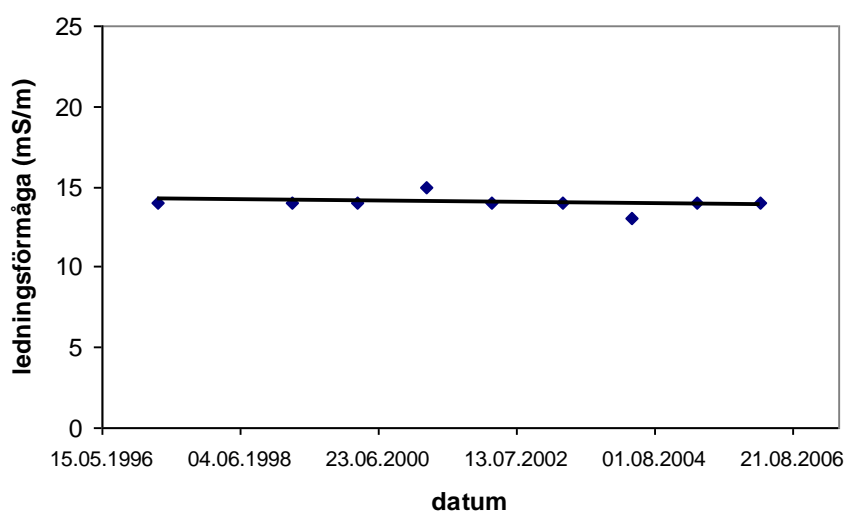
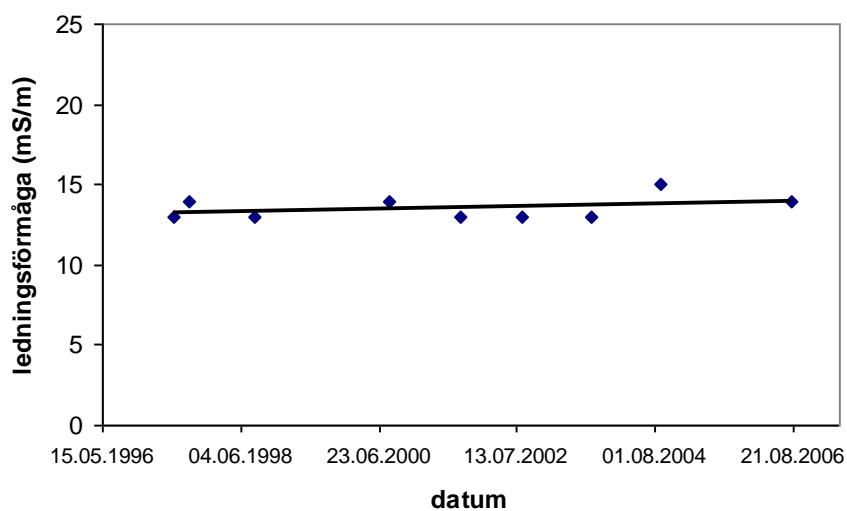
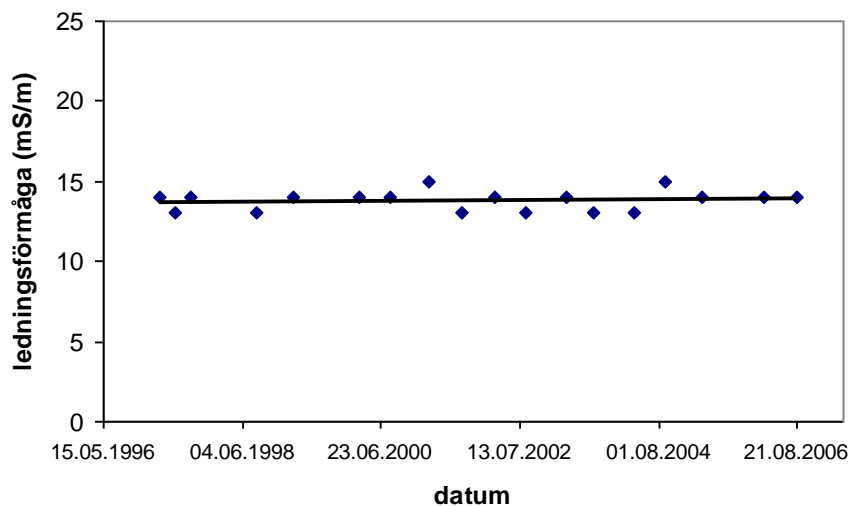
Figur 19. Ledningsförmågan i ytvattnet (0-2 m) vid den södra djuphålan (H1) under perioden 1969-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



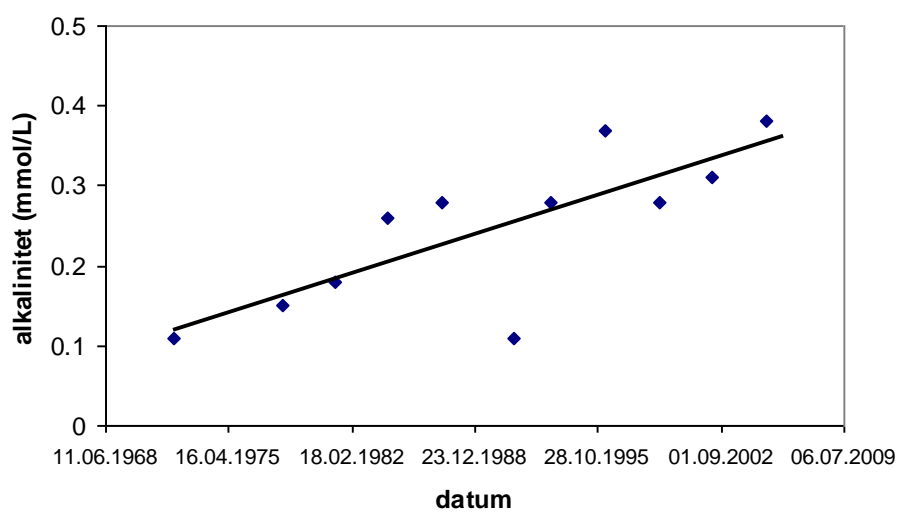
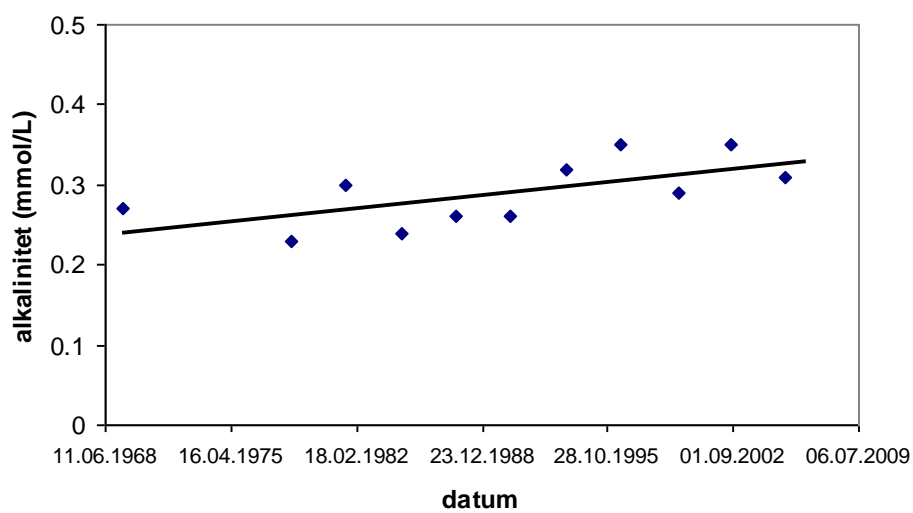
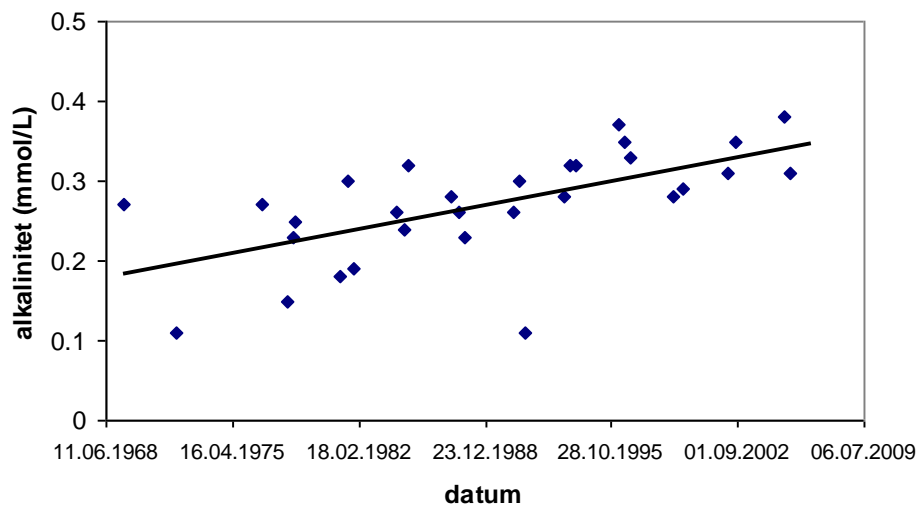
Figur 20. Ledningsförmågan i bottenvattnet (14-15 m) vid den södra djuphålan (H1) under perioden 1969-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



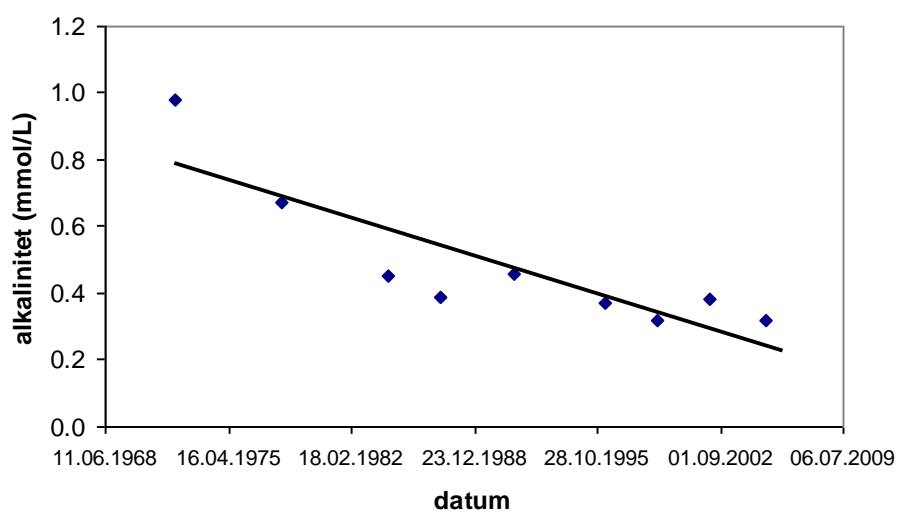
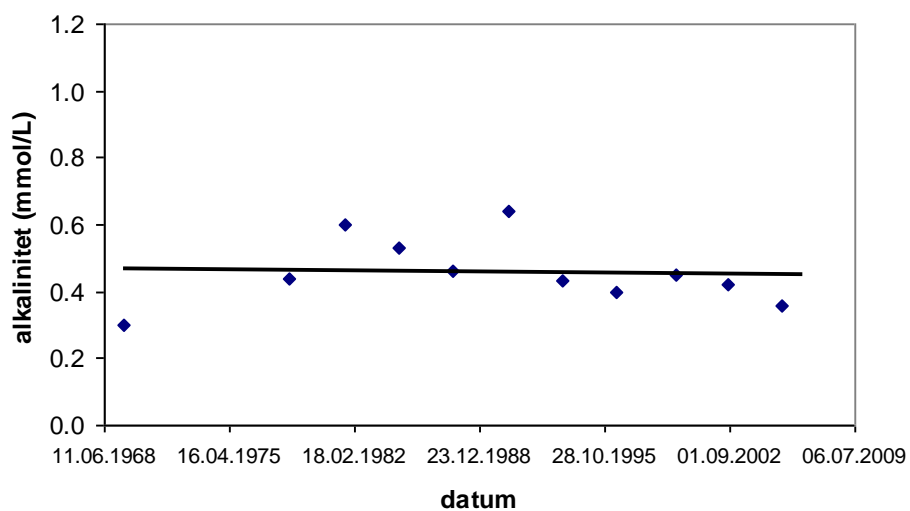
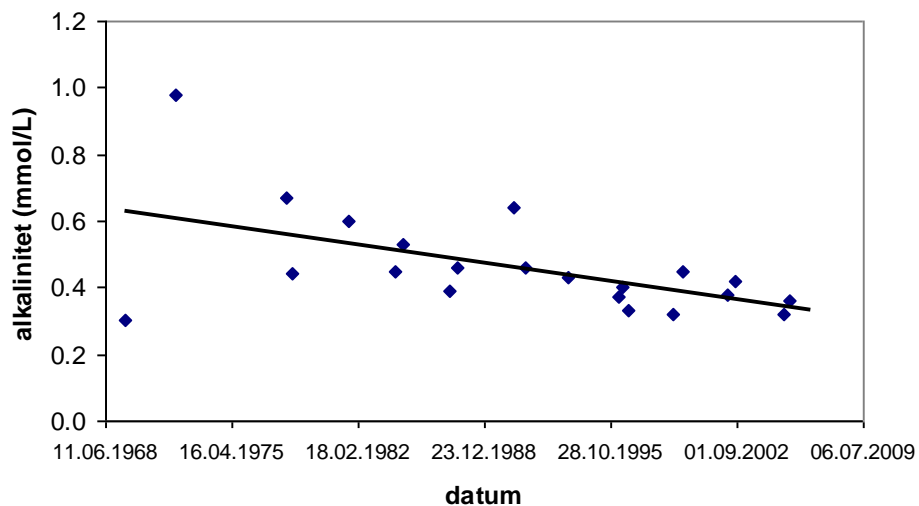
Figur 21. Ledningsförmågan i ytvattnet (0-2 m) vid den norra djuphålan (H2) under perioden 1997-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



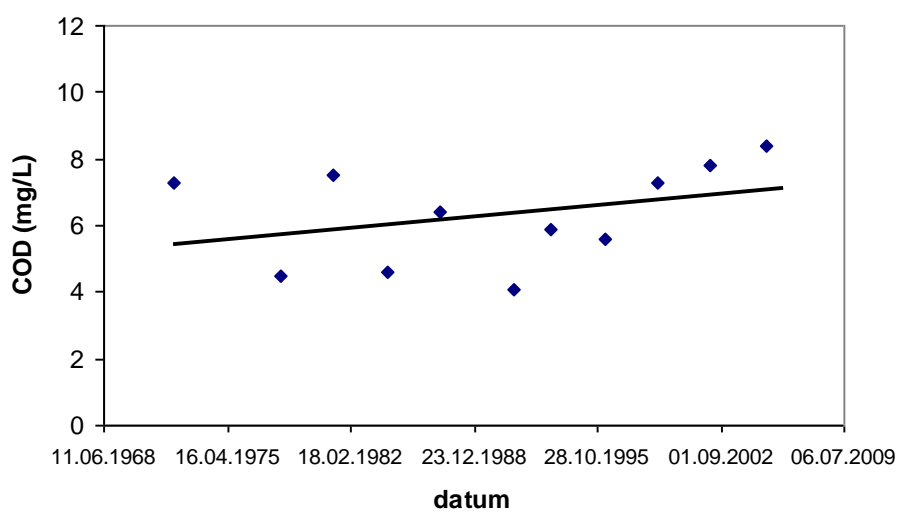
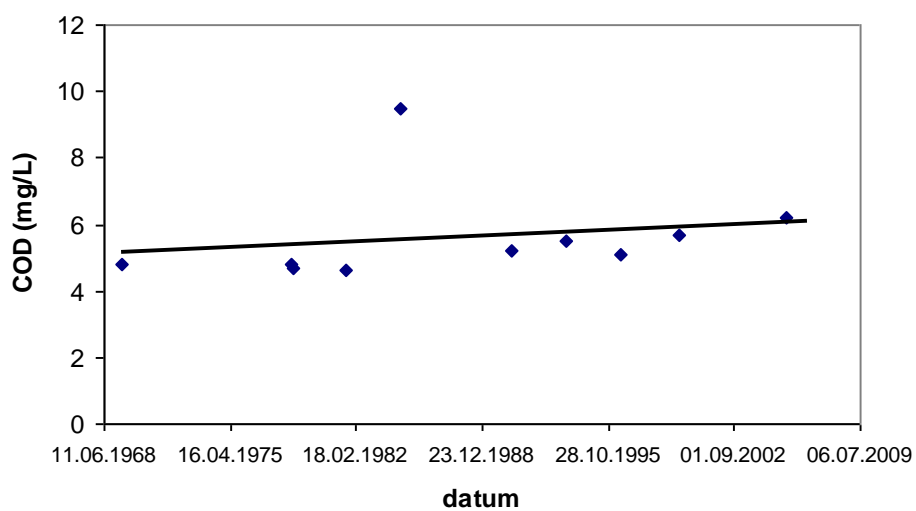
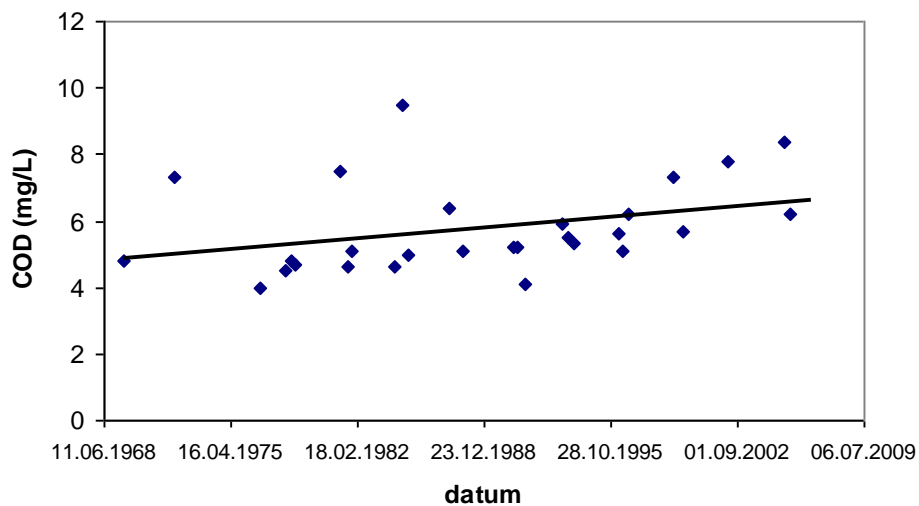
Figur 22. Ledningsförmågan i bottenvattnet (9-10 m) vid den norra djuphålan (H2) under perioden 1997-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



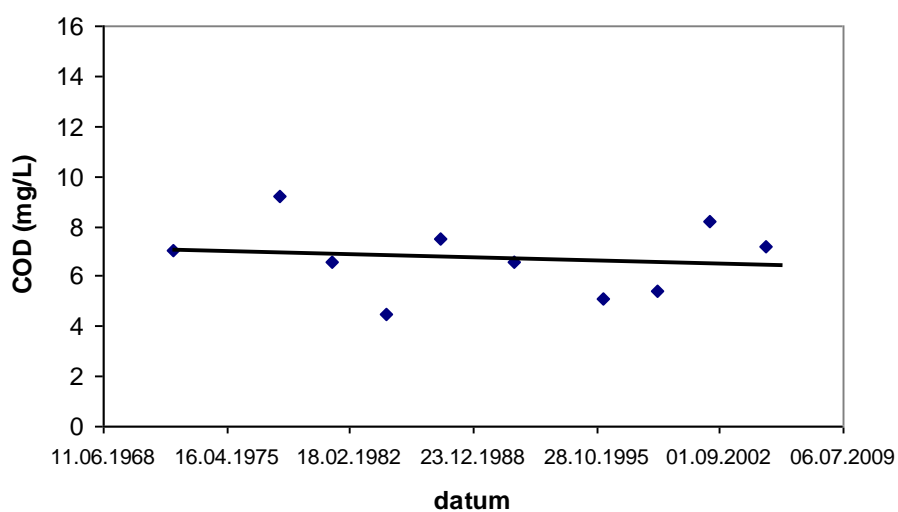
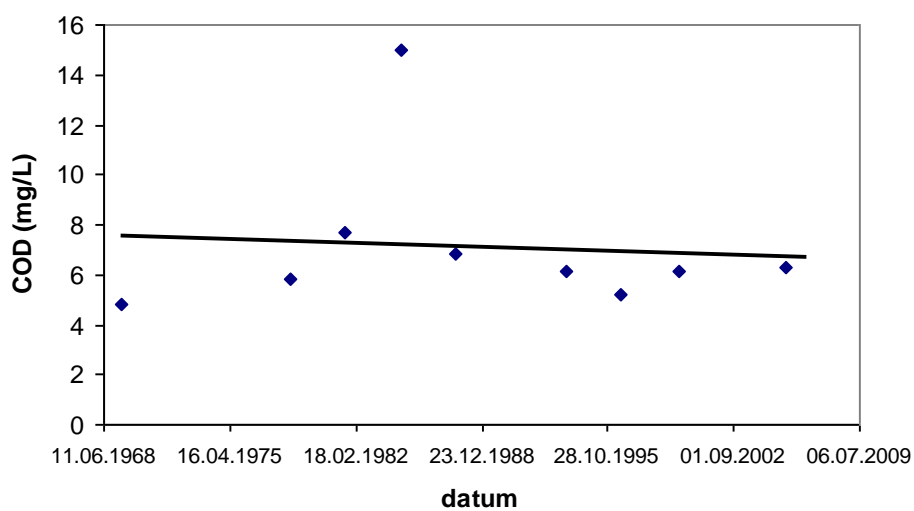
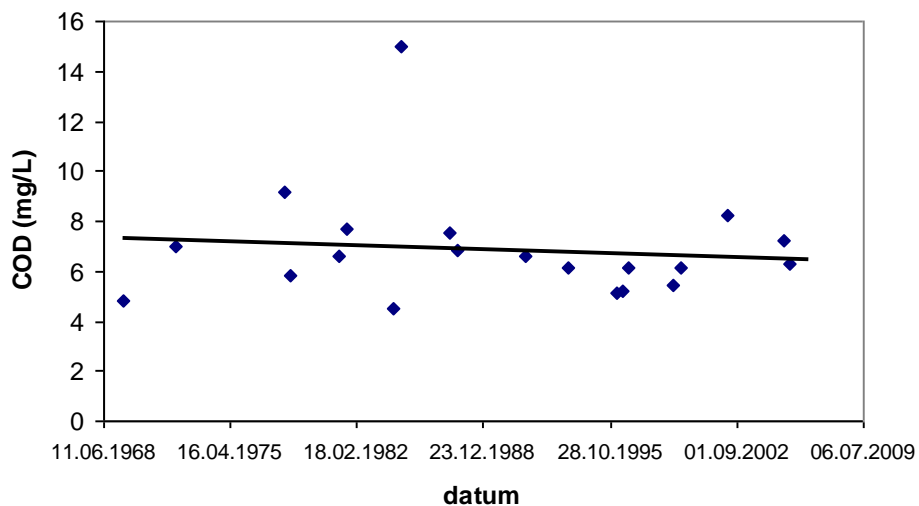
Figur 23. Alkaliniteten i ytvattnet (0-2 m) vid den södra djuphålan (H1) under perioden 1969-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



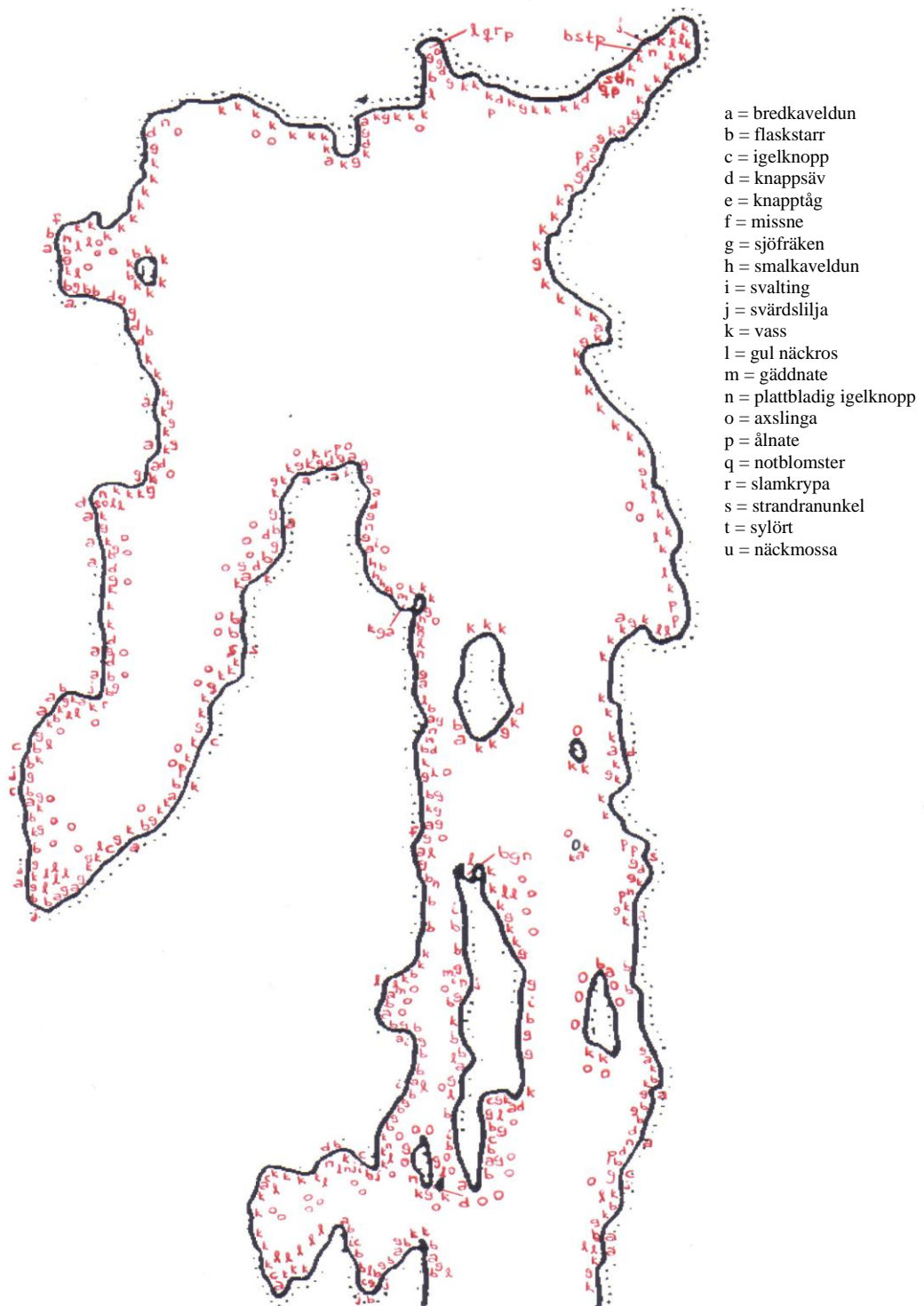
Figur 24. Alkaliniteten i bottenvattnet (14-15 m) vid den södra djuphålan (H1) under perioden 1969-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



Figur 25. Kemisk syreförbrukning i ytvattnet (0-2 m) vid den södra djuphålan (H1) under perioden 1969-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



Figur 26. Kemisk syreförbrukning i bottenvattnet (14-15 m) vid den södra djuphålan (H1) under perioden 1969-2006. (a) samtliga data, (b) sommardata (maj-september), (c) vårvinterdata (februari-april).



Figur 27. Växtlighetskarta för Dragsfjärdens norra del.



- a = bredkaveldun
- b = flaskstarr
- c = igelknopp
- d = knappsäv
- e = knapptåg
- f = missne
- g = sjöfräken
- h = smalkaveldun
- i = svalting
- j = svärdsilja
- k = vass
- l = gul näckros
- m = gäddnate
- n = plattbladig igelknopp
- o = axslinga
- p = ålnate
- q = notblomster
- r = slamkrypa
- s = strandranunkel
- t = sylört
- u = näckmossa

Figur 28. Växtlighetskarta för Dragsfjärdens södra del.

Slutsatser

Totalfosforhalten i Dragsfjärdens ytvatten har sedan 1969 legat kring $20 \mu\text{g L}^{-1}$, dock med en svagt stigande trend. Halten är inte alarmerande, men tillräckligt hög för att massförekomster av cyanobakterier skall kunna uppstå. Fosfor är likaså det begränsande näringsämnet för växtplanktons tillväxt i Dragsfjärden.

Mixox aggregaten håller bottenvattnet i sjöns två djuphålur syresatt och därmed förhindras läckage av fosfor från botten sedimentet. Nedpumpningen av ytvatten leder dock till att bottenvattnet värms upp och termoklinen försvagas. Därmed finns en risk att cyanobakterier som finns i det nedpumpade ytvattnet åter kan stiga till ytan med upptagen näring från bottenvattnet och orsaka massförekomster.

Klorofyll-a halten i ytvattnet under sommarperioden uppvisar en stigande trend och siktdjupet har försämrats, vilket indikerar att eutrofieringen av Dragsfjärden fortgår.

Vattenväxter som trivs i näringsrika vatten och som påträffas i Dragsfjärden är axslinga, bredkaveldun, gul näckros, igelknopp, slamkrypa, smalkaveldun, svalting, svärdsilja, vass och ålnate. Vattenväxter typiska för näringsfattiga vatten och som påträffas i Dragsfjärden är notblomster, plattbladig igelknopp och strandranunkel. Sedan den föregående växtkarteringen av Dragsfjärden 1990 har näringsälskande växter brett ut sig i sjön, vilket indikerar att eutrofieringen av Dragsfjärden fortgår.

Dragsfjärdens vattenväxter, med undantag av axslinga och gul näckros, återfinns inom en smal zon längs stranden. Förutom näckmossa tar de flesta i huvudsak upp sin näring från botten sedimentet. I Dragsfjärden saknas friflytande undervattensväxter såsom hornsärv (*Ceratophyllum demersum*) som effektivt kan konkurrera med växtplankton om lösta näringsämnen.

Erkännande

Författaren riktar ett stort tack till Stig Sundell för all hjälp i samband med växtkarteringen.

Referenser

Awellán G. (1996). Skyddsområdesplan för sjön Dragsfjärden. Seminariearbete. Statens fiskeriläroanstalt, Pargas.

Friman H, Lunnas T, Mäkinen A, Wright J. (1991). Dragsfjärdenin järven sisäisen kuormituksen ja biologisen tilan selvitys 1990. Forskningsrapport. Biologiska institutionen, Åbo universitet.

Heitto A, Saarijärvi E. (2004). Dragsfjärdenin järven Mixox-hapetuksen vuosiraportti 2003. Vesi-Eko Oy, Kuopio.

Kauppinen E, Saarijärvi E. (2006). Dragsfjärdenin järven Mixox-hapetuksen vuosiraportti 2005. Vesi-Eko Oy, Kuopio.

Kauppinen E, Saarijärvi E. (2007). Dragsfjärdenin järven Mixox-hapetuksen vuosiraportti 2006. Vesi-Eko Oy, Kuopio.

Lappalainen KM. (1999). Dragsfjärdenin järven Mixox-hapetuksen raportti ajalta 1.1.1997-30.4.1999. Vesi-Eko Oy, Kuopio.

Naturvårdsverket. (1999). Bedömningsgrunder för miljö kvalitet: sjöar och vattendrag. Rapport 4913. Naturvårdsverkets förlag, Stockholm.

Stenberg L, Ericsson S. (1992). Bo Mossberg - Den nordiska floran. Wahlström & Widstrand, Stockholm.

Suunnittelukeskus. (1989). Dragsfjärds kommun: skyddsområdesplan för ytvattentäkten. Rapport. Suunnittelukeskus Oy, Åbo.

Vesi-Eko. (2007). www.vesieko.fi

Vollenweider RA. (1975). Input/output models, with special reference to the phosphorus loading concept in limnology. *Sweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 37(1).

Wright J, Friman H, Mäkinen A. (1992). Dragsfjärdenin järven ulkoinen kuormitus 1991. Forskningsrapport. Biologiska institutionen, Åbo universitet.

Wright J, Helminen H, Mäkinen A. (1995). Quo vadis Dragsfjärdenin järvi? *Vesitalous* 6: 33-37.

Bilaga 1. Provtagningsdatum och källa

Provtagningsdatum	Källa för analysresultat
12.06.1969	Vesihallitus
12.04.1972	Vesihallitus
23.11.1976	Vesihallitus
30.03.1978	Vesihallitus
25.07.1978	Vesihallitus
25.09.1978	Vesihallitus
25.02.1981	Vesihallitus
28.07.1981	Vesihallitus
04.11.1981	Vesihallitus
23.02.1984	Vesihallitus
25.07.1984	Vesihallitus
05.11.1984	Vesihallitus
12.02.1987	Vesihallitus
21.07.1987	Vesihallitus
28.10.1987	Vesihallitus
19.02.1990	Suunnittelukeskus Oy
18.07.1990	Vesi- ja ympäristöhallitus
18.10.1990	Vesi- ja ympäristöhallitus
12.03.1991	Vesi- ja ympäristöhallitus
22.03.1993	Vesi- ja ympäristöhallitus
22.07.1993	Vesi- ja ympäristöhallitus
02.11.1993	Vesi- ja ympäristöhallitus
21.03.1996	Sydvästra Finlands miljöcentral
27.06.1996	Sydvästra Finlands miljöcentral
16.10.1996	Sydvästra Finlands miljöcentral
12.03.1997	Sydvästra Finlands vattenskyddsförening r.f.
09.06.1997	Sydvästra Finlands vattenskyddsförening r.f.
01.09.1997	Sydvästra Finlands vattenskyddsförening r.f.
17.08.1998	Sydvästra Finlands vattenskyddsförening r.f.
09.03.1999	Sydvästra Finlands vattenskyddsförening r.f.
17.03.1999	Sydvästra Finlands miljöcentral
09.09.1999	Sydvästra Finlands miljöcentral
29.02.2000	Sydvästra Finlands vatten- och miljöundersökning Ab
14.08.2000	Sydvästra Finlands vatten- och miljöundersökning Ab
12.03.2001	Sydvästra Finlands vatten- och miljöundersökning Ab
05.09.2001	Sydvästra Finlands vatten- och miljöundersökning Ab
13.02.2002	Sydvästra Finlands miljöcentral
26.02.2002	Sydvästra Finlands vatten- och miljöundersökning Ab
10.07.2002	Sydvästra Finlands miljöcentral
13.08.2002	Sydvästra Finlands vatten- och miljöundersökning Ab
05.02.2003	Sydvästra Finlands miljöcentral
18.03.2003	Sydvästra Finlands vatten- och miljöundersökning Ab
25.03.2003	Sydvästra Finlands miljöcentral
19.08.2003	Sydvästra Finlands vatten- och miljöundersökning Ab
25.03.2004	Sydvästra Finlands vatten- och miljöundersökning Ab
02.09.2004	Sydvästra Finlands vatten- och miljöundersökning Ab
28.02.2005	Sydvästra Finlands miljöcentral
21.03.2005	Sydvästra Finlands vatten- och miljöundersökning Ab
14.07.2005	Sydvästra Finlands miljöcentral
16.08.2005	Sydvästra Finlands vatten- och miljöundersökning Ab
20.02.2006	Sydvästra Finlands vatten- och miljöundersökning Ab
15.08.2006	Sydvästra Finlands vatten- och miljöundersökning Ab

Bilaga 2. Dragsfjärdens vattenväxter

Sidhänvisningarna hänför till Stenberg & Ericsson (1992).



Näckmossa (*Fontinalis antipyretica*)



Sjöfräken (*Equisetum fluviatile*), s. 23



Gul näckros (*Nuphar lutea*), s. 120



Strandranunkel (*Ranunculus reptans*), s. 136



Sylört (*Subularia aquatica*), s. 176



Slamkrypa (*Elatine hydropiper*), s. 297



Axslinga (*Myriophyllum spicatum*), s. 308



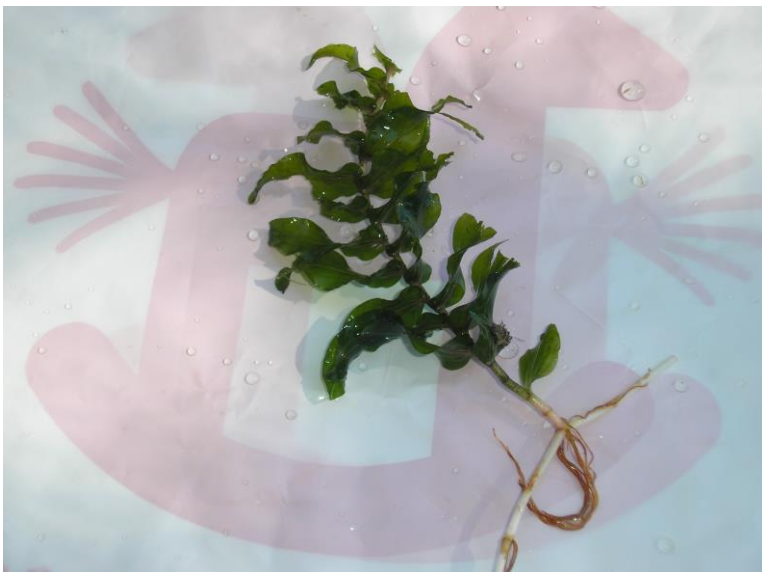
Notblomster (*Lobelia dortmanna*), s. 436



Svalting (*Alisma plantago-aquatica*), s. 502



Gäddnate (*Potamogeton natans*), s. 506



Ålnate (*Potamogeton perfoliatus*), s. 508



Svärdslilja (*Iris pseudacorus*), s. 527



Knapptåg (*Juncus conglomeratus*), s. 530



Vass (*Phragmites australis*), s. 589



Missne (*Calla palustris*), s. 594



Igelknopp (*Sparganium emersum*), s. 596



Plattbladig igelknopp (*Sparganium angustifolium*), s. 596



Smalkaveldun (*Typha angustifolia*), s. 598



Bredkaveldun (*Typha latifolia*), s. 598



Knappsäv (*Eleocharis palustris*), s. 606



Flaskstarr (*Carex rostrata*), s. 622