



# **Sjöhjortronets lämplighet som indikator för miljömålen *Bara naturlig försurning, Levande sjöar och vattendrag* samt *Ett rikt växt- och djurliv***

**Statistisk analys av inventeringsresultat från Blekinge, Skåne, Kronoberg och Jönköpings län**

Simon Hallstan och Ulf Grandin

Department of Environmental Assessment  
Swedish University of Agricultural Sciences  
Box 7050, SE 750 07 Uppsala



**Sjöhjortronets lämplighet som indikator för  
miljömålen *Bara naturlig försurning, Levande sjöar  
och vattendrag* samt *Ett rikt växt- och djurliv***

**Statistisk analys av inventeringsresultat från Blekinge, Skåne,  
Kronoberg och Jönköpings län**

ISSN 1403-977X



## Sammanfattning

Den rödlistade makroskopiska cyanobakterien sjöhjortron (*Nostoc zetterstedtii*) har föreslagits som en lämplig indikator för miljömålen *Levande sjöar och vattendrag*, *Bara naturlig försurning* och *Ett rikt växt- och djurliv*. För att undersöka detta har 29 sjöar i Blekinge, Skåne, Kronoberg och Jönköpings län har inventerats på förekomst av sjöhjortron, fisk och makrofyter. Olika statistiska metoder har använts för att undersöka om sjöar med och utan sjöhjortron skiljer sig åt beträffande artsammansättning (makrofyter, växtplankton och fisk) och vattenkemi.

Resultaten har visat att sjöar med sjöhjortron har lägre pH (7-7,5), alkalinitet (0,16-0,37), lägre näringshalter (Tot-N 3,3-8,2; tot-P 1,8-3) och klarare vatten än de utan (pH 7-8,6; alkalinitet 1,6-26,6; tot-N 4-15; tot-P 1,5-17). Sjöarna med sjöhjortron hade också färre makrofyterarter, men inga skillnader i antalet fiskarter kunde upptäckas mellan sjötyperna. Multivariata analyser visade dock att sjöar med sjöhjortron hade annorlunda sammansättning av makrofyter- och fiskarter än sjöar utan sjöhjortron. Sjöhjortron skulle därför kunna fungera som en indikator för näringsfattiga klarvattensjöar och i förlängningen eventuellt även för miljömålen *Ett rikt växt- och djurliv* och *Levande sjöar och vattendrag*. Det snäva urvalet av sjöar och en begränsad tillgång på data för dessa sjöar gör dock att det vanskligt att dra några generella slutsatser från resultaten i denna studie.

## 1. Inledning

Sjöhjortron, *Nostoc zetterstedtii*, är en makroskopisk cyanobakterie. Arten trivs i icke-försurade och icke eutrofierade klarvattensjöar (Bengtsson 2005), och är därför intressant som indikator för uppföljning av miljömålen *Levande sjöar och vattendrag*, *Bara naturlig försurning* och *Ett rikt växt- och djurliv*. Sjöhjortron har påträffats i cirka 60 svenska sjöar, från norra Skåne till Abiskojaure. Sjöhjortronen förekommer på hårbottenar eller ligger på braxengräsmattor, vanligen i intervallet 0,5–3,5 meters djup (Bengtsson 2005).

Sjöhjortron är upptagen på den svenska rödlistan och är klassad som *missgynnad* (NT). Det störta hotet mot arten är ökad vattenfärg och således sämre möjligheter till fotosyntes – främst från en ökad humushalt, men också på grund av övergödning (Bengtsson 2005). Vid en undersökning 1984-85 hade algen försvunnit från 11 av 18 sjöar med känd förekomst av sjöhjortron under 1920-talet (Bengtsson, 1986). I tre av dessa var sjösänkningar den troligaste orsaken till försvinnandet. Arten påverkas negativt av både låga och höga pH-värden, och både försurning och kalkning kan hota arten. Att låga pH-värden är negativt beror på att sjöhjortron utnyttjar vätekarbonat som kolkälla. När alkaliniteten minskar blir tillgången på vätekarbonatjoner sämre och de blir tvingade att istället utnyttja löst koldioxid vilket arten verkar klara av sämre. Anledningen till att höga pH-värde är negativt för sjöhjortron är att kolonierna vid dessa förhållanden blir mindre, geléartade och lättare faller sönder (Asp 2004).

Målet med denna studie är att se om det finns några statistiska samband mellan förekomst av sjöhjortron och fisk-, växtplankton- och makrofytarikedom och artsammansättning och olika miljövariabler.

## 2. Metod och material

### 2.1 Data

#### Sjöhjortron

29 klarvattensjöar i Blekinge, Jönköping, Kronoberg och Skånes län har undersökts för förekomst av sjöhjortron (Tabell 1).

Tabell 1. Inventerade sjöar, sjöhjortronstatus och länstillhörighet.

| <b>Sjönamn</b>         | <b>Sjöhjortron</b> | <b>Län</b> |                         |     |           |
|------------------------|--------------------|------------|-------------------------|-----|-----------|
| <b>Västersjön</b>      | ja                 | Skåne      | <b>Galtsjön</b>         | nej | Blekinge  |
| <b>Rössjön</b>         | ja                 | Skåne      | <b>Blanksjön</b>        | nej | Blekinge  |
| <b>Immeln</b>          | nej                | Skåne      | <b>Horsasjön</b>        | ja  | Blekinge  |
| <b>Raslången</b>       | nej                | Skåne      | <b>Vitavatten</b>       | ja  | Blekinge  |
| <b>Oppmannasjön</b>    | nej                | Skåne      | <b>Vitavatten</b>       | ja  | Blekinge  |
| <b>Ivösjön</b>         | nej                | Skåne      | <b>(Rösjö)</b>          |     |           |
| <b>Levrasjön</b>       | nej                | Skåne      | <b>Skärsjön</b>         | nej | Blekinge  |
| <b>Värsjön</b>         | ja                 | Skåne      | <b>Färskesjön</b>       | nej | Blekinge  |
| <b>Tydingen</b>        | nej                | Skåne      | <b>Nässjön</b>          | nej | Blekinge  |
| <b>Siesjön</b>         | nej                | Skåne      | <b>Hästsjön</b>         | ja  | Jönköping |
| <b>Råbelövssjön</b>    | nej                | Skåne      | <b>Kansjön</b>          | ja  | Jönköping |
| <b>Sätoftasjön</b>     | nej                | Skåne      | <b>Södra Vixen</b>      | ja  | Jönköping |
| <b>Östra Ringsjön</b>  | nej                | Skåne      | <b>Vallsjön</b>         | ja  | Jönköping |
| <b>Västra Ringsjön</b> | nej                | Skåne      | <b>Ribblingsnässjön</b> | ja  | Jönköping |
| <b>St kroksjön</b>     | nej                | Blekinge   | <b>Fiolen</b>           | ja  | Kronoberg |

#### Vattenkemi

Vattenkemidata för 18 olika variabler från flera år och månader fanns tillgängligt, från sjöar både med och utan sjöhjortron. Tillgängliga vattenkemidata var dock inte enhetligt insamlade. För att kunna sammanställa ett så stort dataset som möjligt från de olika tillgängliga datakällorna bearbetades data på följande sätt:

- Bara månaderna juli, augusti och september.
- Medel för år 1996-2005
- Endast ytvattenprover (alla djup > 0,5 m togs bort)

Ingen av sjöarna hade kompletta data på vattenkemi (Tabell 2). Data på syrgas saknades från samtliga sjöar där sjöhjortron påträffats. Därför var det tvunget att utesluta syrgas från analyserna.

Tabell 2. Antal sjöar med data för undersökta vattenkemivariabler.

|                        | Siktdjup<br>uvk <sup>a</sup> | Siktdjup<br>vk <sup>a</sup> | Temp      | Syrgas     | pH           | Kond                       |
|------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------|------------|--------------|----------------------------|
| N sjöhjortron-sjöar    | 7                            | 3                           |           | 5          | 0            | 8                          |
| N ej sjöhjortron-sjöar | 14                           | 4                           |           | 13         | 9            | 12                         |
| <b>N totalt</b>        | <b>21</b>                    | <b>7</b>                    |           | <b>18</b>  | <b>9</b>     | <b>20</b>                  |
| <b>Andel totalt</b>    | <b>95%</b>                   | <b>32%</b>                  |           | <b>82%</b> | <b>41%</b>   | <b>91%</b>                 |
|                        | Abs_of                       | Abs_f                       | Färg      | TOC        | Turb         | Färg (mgPI/l el. 500xAbsF) |
| N sjöhjortron-sjöar    | 2                            | 3                           |           | 6          | 1            | 6                          |
| N ej sjöhjortron-sjöar | 2                            | 3                           |           | 10         | 8            | 3                          |
| <b>N totalt</b>        | <b>4</b>                     | <b>6</b>                    |           | <b>16</b>  | <b>9</b>     | <b>9</b>                   |
| <b>Andel totalt</b>    | <b>18%</b>                   | <b>27%</b>                  |           | <b>73%</b> | <b>41%</b>   | <b>41%</b>                 |
|                        | PO4-P                        | Tot-P                       | NO2+NO3-N | Tot-N      | Alk/<br>Acid |                            |
| N sjöhjortron-sjöar    | 3                            | 6                           |           | 3          | 6            | 8                          |
| N ej sjöhjortron-sjöar | 6                            | 12                          |           | 7          | 12           | 12                         |
| <b>N totalt</b>        | <b>9</b>                     | <b>18</b>                   |           | <b>10</b>  | <b>18</b>    | <b>20</b>                  |
| <b>Andel totalt</b>    | <b>41%</b>                   | <b>82%</b>                  |           | <b>45%</b> | <b>82%</b>   | <b>91%</b>                 |

<sup>a</sup>uvk=utan vattenkikare; vk=med vattenkikare.

## Fisk

Provfiske har utförts i 21 sjöar (tabell 3).

Tabell 3. Provfiskade sjöar.

| Sjö          | Sjöhjortron | Sjö              | Sjöhjortron |
|--------------|-------------|------------------|-------------|
| Blanksjön    | nej         | Ribbingsnässljön | ja          |
| Fiolen       | ja          | Råbelövssljön    | nej         |
| Färskesjön   | nej         | Rössjön          | ja          |
| Horsasjön    | ja          | Siesjön          | nej         |
| Hästsjön     | ja          | Tydingen         | nej         |
| Immeln       | nej         | Vallsjön         | ja          |
| Ivösjön      | nej         | Värsjön          | ja          |
| Kansjön      | ja          | Västersjön       | ja          |
| Levrasjön    | nej         | Västra Ringsjön  | nej         |
| Nässljön     | nej         | Östra Ringsjön   | nej         |
| Oppmannasjön | nej         |                  |             |

## Växtplankton

Växtplanktondata finns från 9 sjöar (Tabell 4). Det har inte gått att kontrollera hur konsekvent taxaindelningen/artbestämningen är mellan de olika inventeringarna – exempelvis kan en del taxa vara bestämda till varietet i en inventering och till art i en annan. Stavfel gör att en art tolkas som två olika arter vid datorbaserade dataanalyser. Stavfel har därför undersökts, men inte grundligt eftersom det är väldigt tidskrävande.



Tabell 4. Sjöar med data på växtplanktonartsammansättning och datum för provtagning.

| Sjö           | Län   | År/Datum | Sjöhjortron |
|---------------|-------|----------|-------------|
| Immeln        | Skåne | 2002     | nej         |
| Ivösjön       | Skåne | 2002     | nej         |
| Levrasjön     | Skåne | 2002     | nej         |
| Oppmanna      | Skåne | 2002     | nej         |
| Raslången     | Skåne | 2002     | nej         |
| Ringsjöarna   | Skåne | 2003-8   | nej         |
| Råbellövssjön | Skåne | 2003-8   | nej         |
| Rössjön       | Skåne | 2003-8   | ja          |
| Västersjön    | Skåne | 2003-8   | ja          |

## Makrofyter

Makrofyter har inventerats i 11 sjöar (Tabell 5). Arter uppförda som strandvegetation i protokollen togs inte med.

Tabell 5. Sjöar med utförda makrofytinventeringar och deras sjöhjortronstatus.

| Sjö            | Län       | Sjöhjortron |
|----------------|-----------|-------------|
| Blanksjön      | Blekinge  | nej         |
| Färskesjön     | Blekinge  | nej         |
| Horsasjön      | Blekinge  | ja          |
| Nässjön        | Blekinge  | nej         |
| Skärsjön       | Blekinge  | nej         |
| Stora Kroksjön | Blekinge  | nej         |
| Vitavatten     | Blekinge  | ja          |
| (Baggeboda)    |           |             |
| Vitavatten     | Blekinge  | ja          |
| (Rösjö)        |           |             |
| Fiolen         | Kronoberg | ja          |
| Vallsjön       | Jönköping | ja          |
| Kansjön        | Jönköping | ja          |

Makrofytdata kommer från olika protokoll, med varierande noggrannhet och/eller upplösning. För att kunna sammanställa alla protokoll från de lika inventeringarna var det tvunget att göra vissa ändringar och antaganden kring några taxa. Följande ändringar och antagningar har gjorts från protokollen:

- Flotagräs? = flotagräs
- Igelknopp sp, blad = Igelknopp sp = igelknopp
- Igelknopp = vanlig igelknopp
- Vit näckros (hybrid) struken
- Nordnäckros = vit näckros

## 2.2 Statistiska analyser av artdata och kemi

För varje organismgrupp (fisk, makrofyter och växtplankton) har antalet arter räknats och jämförts mellan sjöar med och utan sjöhjortron. Jämförelsen har skett dels med t-test för medelvärdena (2-sidigt, olika varians antagen), dels genom logistisk regression där sannolikhet för förekomst av sjöhjortron beskrivs som en funktion av antal arter. En logistisk regression ger bland annat svar på om det finns ett gränsvärde hos en prediktorvariabel där en

binär responsvariabel (i detta fall närvaro/frånvaro av sjöhjortron) växlar från det ena till det andra värdet, till exempel om antalet fiskarter är högre än ett visst antal så kan man förvänta sig att sjöhjortron är närvarande.

Vidare har ordinationer genomförts för att grafiskt visa likheter och skillnader mellan de olika sjöarna med avseende på artsammansättning. Ordinationer är en samling multivariata statistiska metoder för att jämföra exempelvis sjöar med avseende på artsammansättning eller vattenkemi. För att jämföra artsammansättning användes principalkomponentanalys (PCA) eller korrespondensanalys (CA). Både teknikerna kan förenklat sägas vara metoder för att i två dimensioner (x- och y-led) grafiskt åskådliggöra flera objekt (ex. sjöar) med multidimensionella egenskaper (ex. artsammansättning). I ordinationsdiagrammen är sjöarna representerade av punkter. Sjöar som ligger nära varandra i diagrammen har liknande vattenkemi/artsammansättning. PCA används när man analyserar likheter i bland annat vattenkemi. Analyser av likheter i artsammansättning kräver en annan form av beräkningar och då används ofta CA. Ibland är dock PCA mer korrekt än CA även för dataset med arter. För att testa vilken av dessa metoder som skulle användas i denna studie har vi använt *Detrended Correspondence Analysis* (DCA). PCA/RDA-ordinationer har använts när längden på första DCA-ordinationsaxeln varit närmare två och CA/CCA-ordinationer har använts när längden varit närmare 4 (se Jongman et al. 1995).

För att testa om skillnaden mellan sjöar med och utan sjöhjortron med avseende på artsammansättning är signifikant har *Redundancy Analysis* (RDA) eller *Canonical Correspondence Analysis* (CCA) och Monte Carlo-test (999 permutationer) genomförts. RDA och CCA fungerar som PCA respektive CA, men med tillägget att man använder oberoende miljövariabler för att förklara variationen i vattenkemi/artsammansättning mellan sjöarna. I detta fall har förekomst av sjöhjortron använts som oberoende variabel för att försöka förklara skillnader i artsammansättning. Ett Monte Carlo-test innebär att proven blandas slumpvis så att miljövariablerna paras ihop med en ny sjö. Detta upprepas ett stort antal gånger (i detta fall 999) och om den slumpvis tilldelade vattenkemin i mer än (vanligtvis) 5 % av fallen förklarar artsammansättningen sämre än den ursprungliga anses de studerade miljövariablerna signifikant förklara skillnaderna i artsammansättning.

Skillnader i vattenkemi har undersökts med ordinationer på samma sätt som artsammansättningarna. Ordinationerna utfördes dels på alla tillgängliga variabler utom siktdjup (vattenkikare), syrgas,  $\text{NO}_2+\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ , TOC och turbiditet eftersom mätvärden för dessa variabler saknades för en mängd sjöar (Tabell 2). För ordinationerna har data (alla variabler utom pH) transformerats ( $\text{Log}_{10}(x+1)$ ). För att få data för flera sjöar på vattenfärg har en variabel "färg" skapats, som är antingen färgen mätt i platina eller en modellering av vattenfärg gjord genom att multiplicera den filtrerade absorbansen med 500. För PCA-ordinationerna användes alternativen "focus on inter-sample distance" och "center and standardize species", och i övrigt Canoco standardval.

Statiska analyser har skett med hjälp av datorprogrammen JMP (<http://www.jmpin.com/>) och R (<http://www.r-project.org/>). Ordinationerna genomfördes i Canoco for Windows 4.5 (ter Braak 2002).

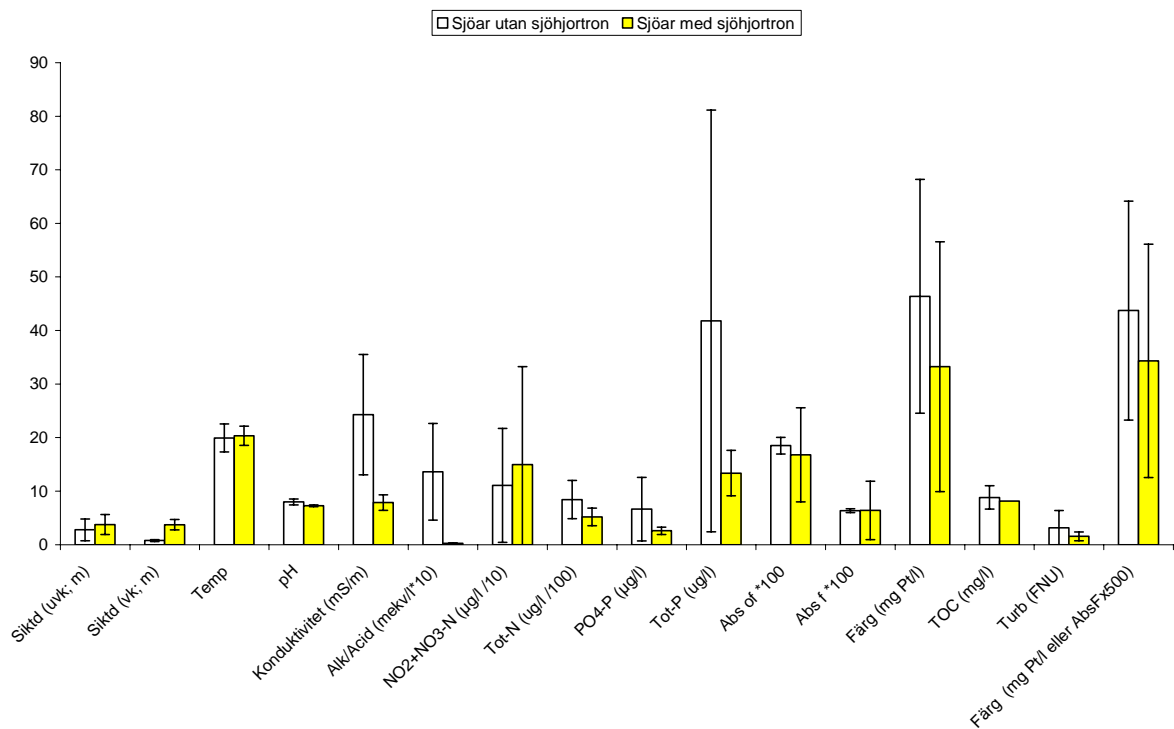
### 3. Resultat och diskussion

#### Kemi

Medelvärde för siktdjup, pH, konduktivitet, alkalinitet, total-kväve och total-fosfor var signifikant olika i sjöar med och utan sjöhjortron (Tabell 6 & Figur 1). Konduktivitet, pH och alkalinitet är lägre i sjöar med sjöhjortron. Även fosfor- och kvävekoncentrationerna är lägre i sjöar där sjöhjortron påträffats, vilket stämmer bra med vad som anges i litteraturen (ex. Bengtson 2005). Medelvärdet för siktdjup (med vattenkikare) var signifikant högre i sjöar med sjöhjortron, vilken också var förväntat, eftersom sjöhjortron lever på botten och därför kräver goda ljusförhållanden för att kunna fotosyntetisera.

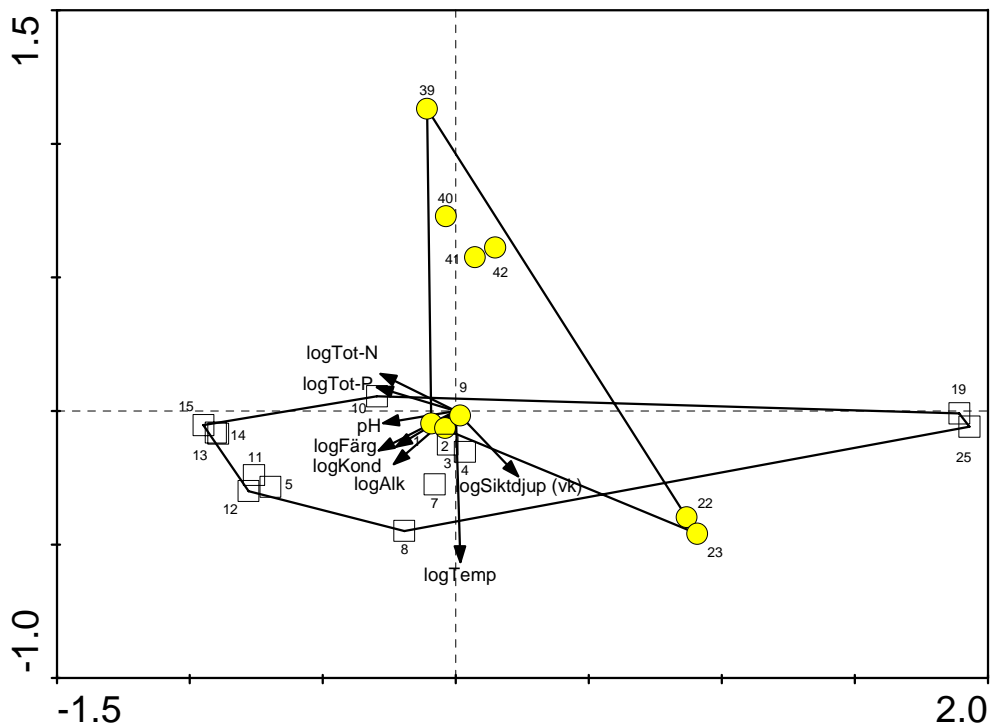
Tabell 6. Medelvärden och antal prov för undersökta kemivariabler för sjöar med och utan sjöhjortron (*Nostoc zetterstedtii*) samt p-värde för t-test. P-värden < 0,05 i fet stil.

|   | Sjöhjortron funnen |   | Sjöhjortron ej funnen |    | p (t-test)  |
|---|--------------------|---|-----------------------|----|-------------|
|   | Medel              | N | Medel                 | N  |             |
| Siktdjup (uvk)                            | 3,77               | 8 | 2,78                  | 13 | 0,27        |
| Siktdjup (vk)                             | 3,73               | 4 | 0,77                  | 3  | <b>0,01</b> |
| Syrgas (mg/l)                             | -                  | 0 | 9,35                  | 9  | -           |
| Syrgas                                    | -                  | 0 | 101,64                | 9  | -           |
| pH  | 7,26               | 9 | 7,99                  | 11 | <b>0,00</b> |
| Konduktivitet (mS/m)                      | 7,87               | 9 | 24,29                 | 11 | <b>0,00</b> |
| Alk/Acid (mekv./l)                        | 0,24               | 9 | 1,36                  | 11 | <b>0,00</b> |
| NO <sub>2</sub> NO <sub>3</sub> -N (µg/l) | 149,47             | 3 | 110,88                | 7  | 0,76        |
| Tot-N (ug/l)                              | 518,74             | 7 | 843,09                | 11 | <b>0,02</b> |
| PO <sub>4</sub> -P (ug/l)                 | 2,60               | 3 | 6,64                  | 6  | 0,16        |
| Tot-P (ug/l)                              | 13,38              | 7 | 41,78                 | 11 | <b>0,04</b> |
| Absorbans of.                             | 0,17               | 2 | 0,19                  | 2  | 0,83        |
| Absorabans f.                             | 0,06               | 4 | 0,06                  | 2  | 0,98        |
| Färg (mg Pt/l)                            | 33,24              | 7 | 46,38                 | 9  | 0,27        |
| TOC (mg/l)                                | 8,12               | 1 | 8,82                  | 8  | -           |
| Turbiditet (FNU)                          | 1,58               | 7 | 3,19                  | 2  | 0,60        |
| Färg (5000xabs el. mg Pt/l)               | 34,32              | 8 | 43,72                 | 11 | 0,36        |



Figur 1. Medelvärden för undersökta vattenkemivariabler i sjöar med och utan sjöhjortron (*Nostoc zetterstedtii*). Felstaplarna visar  $\pm 1$  standardavvikelse. Siktdjup anges med (vk) och utan (uvk) vattenkikare.

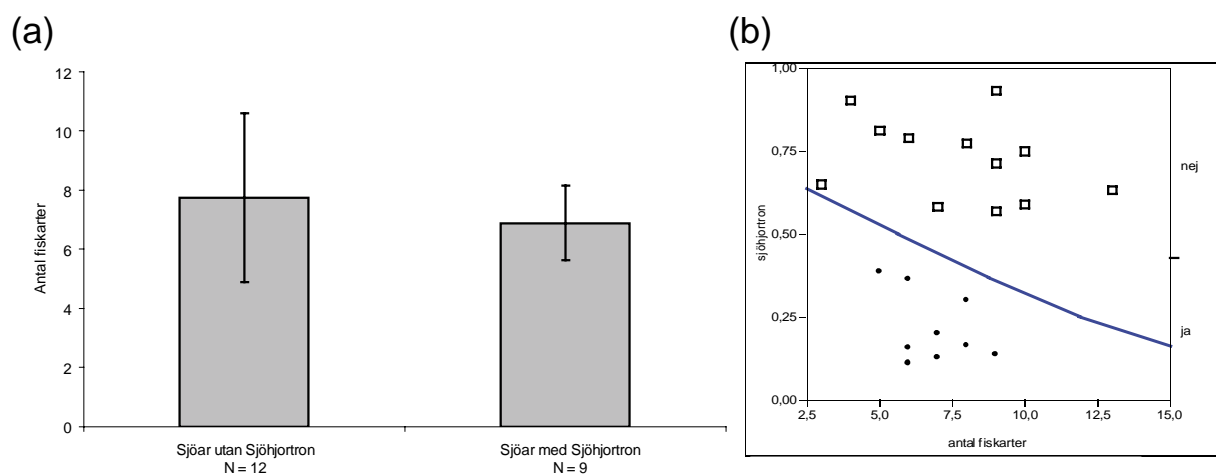
PCA-ordinationen (egenvärden = 0,602; 0,157) ger samma resultat som t-testen: sjöhjortron finns i näringsfattiga sjöar med låg konduktivitet och alkalinitet och lågt pH (Figur 2). Separationen längs den andra ordinationsaxeln beror på mängd temperaturen och siktdjup (med vattenkikare). Trots att flera av variablerna skiljer sig signifikant mellan sjöar med respektive utan sjöhjortron så var resultatet inte helt entydigt. Sjön Raslången (nr 4 i figur 2) har liknande kemi som sjöarna där sjöhjortron påträffats. Ett Monte Carlo-test (RDA; 999 permutationer) visar att den totala vattenkemin inte skiljer sig mellan sjöar med och utan sjöhjortron ( $p = 0,108$ ).



Figur 2. PCA-ordination (egenvärden = 0,602; 0,157) på vattenkemi för sjöar med (fyllda cirklar) och utan (tomma kvadrater) sjöhjortron (*Nostoc zetterstedtii*).

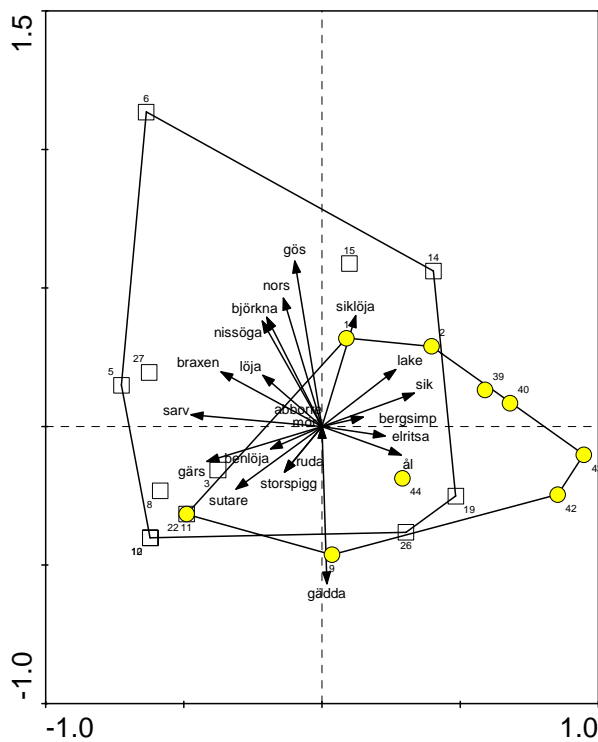
## Fisk

Skillnad i antal fiskarter i sjöar med och utan sjöhjortron var inte signifikant ( $p = 0,412$ ) (figur 3a). Den logistiska regressionen visade inte heller någon skillnad i antal fiskarter mellan sjöar med och utan sjöhjortron ( $P = 0,45$ ; Figur 3b).



Figur 3. (a) Medelantal fiskarter i sjöar med och utan sjöhjortron (*Nostoc zetterstedtii*). Felstaplarna visar  $\pm 1$  standardavvikelse. (b) Logistisk regression ( $P = 0,4199$ ) av antal fiskarter i sjöar med (fyllda cirklar) och utan (tomma kvadrater) sjöhjortron. Y-axeln visar sannolikheten att sjöhjortron ska vara närvarande.

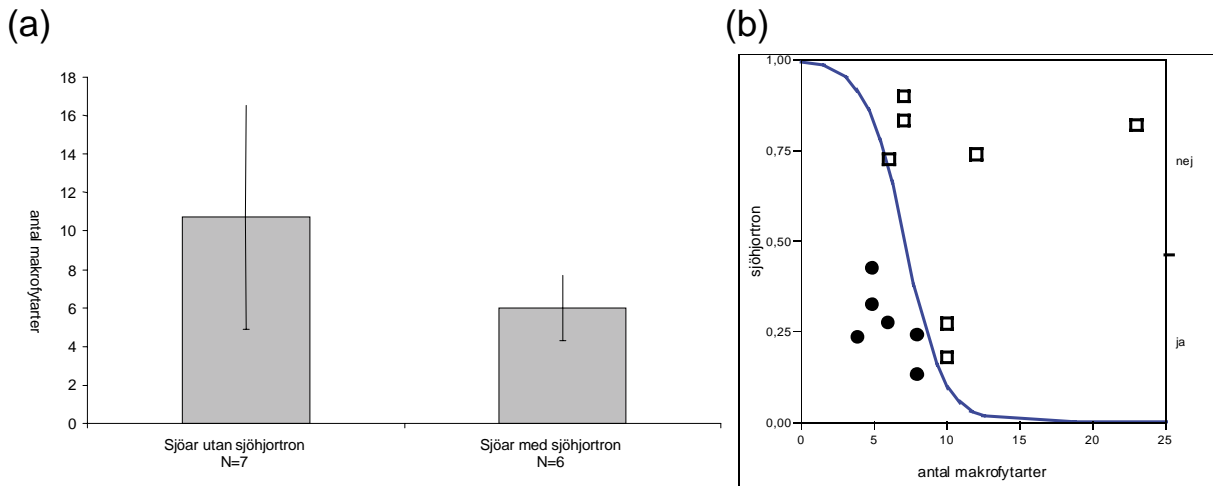
En DCA-ordination med fisk som responsvariabel visade att PCA och RCA är lämpliga ordinationsmetoder för fiskartssammansättningen (första gradientens längd = 2,195). Enligt ett Monte Carlo-test (RDA; 999 permutationer) finns signifikanta skillnader mellan fiskartssammansättningen i sjöar med och utan sjöhjortron ( $p = 0.0080$ ). Skillnaderna syns, även i PCA-ordinationen (egenvärden: 0,297; 0,1549; Figur 4). Bland annat är lake, bergssimpa, elritsa och ål vanligare i sjöar med sjöhjortron. Sjöarna Blanksjön (nr 19 i figur 4) och Färskesjön (26) har dock en fiskartssammansättning som liknar den i sjöhjortronsjöarna. Så, inte heller för fisk finns något entydigt svar.



Figur 4. PCA-ordination (egenvärden = 0,284; 0,177) på fiskartssammansättning för sjöar med (fyllda cirklar) och utan (tomma kvadrater) sjöhjortron (*Nostoc zetterstedtii*).

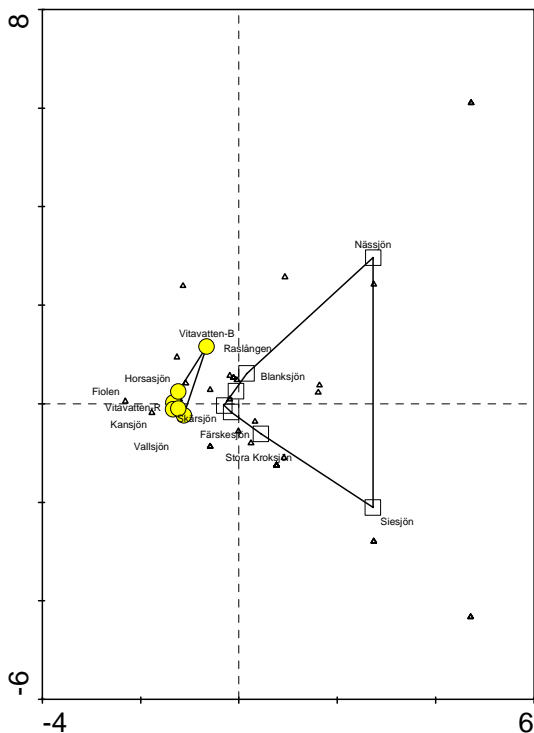
## Makrofyter

Antalet makrofyterarter skiljer sig inte signifikant mellan sjöar med och utan sjöhjortron enligt en jämförelse mellan medelvärde med t-test ( $p = 0,08$ ; figur 5a), däremot visar en logistisk regression att sannolikheten att hitta sjöhjortron är större i sjöar med få makrofyterarter ( $P = 0,013$ ; Figur 5b).



Figur 5. (a) Antal markofytarter i sjöar med och utan sjöhjortron (*Nostoc zetterstedtii*). Felstaplarna visar  $\pm 1$  standardavvikelse. (b) Logistisk regression ( $P = 0,013$ ) av antal makrofytarter i sjöar med (fyllda cirklar) och utan (tomma kvadrater) sjöhjortron. Y-axeln visar sannolikheten att sjöhjortron ska vara närvarande.

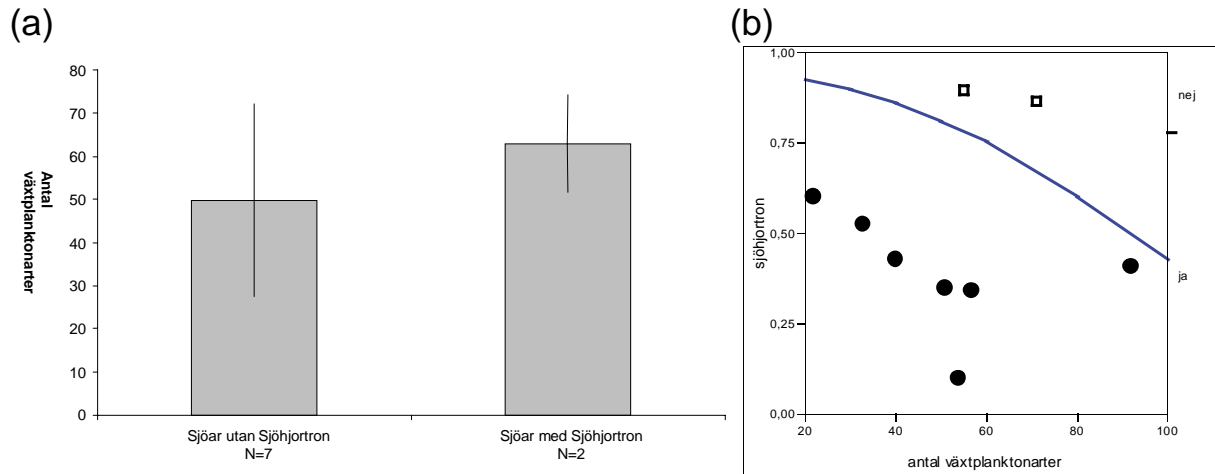
En DCA-ordination med alla variabler visade att CA och CCA är de lämpligaste ordinationsmetoderna (Första gradientens längd = 3,726). Enligt ett Monte Carlo-test (CCA; 999 permutationer) finns signifikanta skillnader mellan artsammansättningen i sjöar med och utan sjöhjortron ( $p = 0,0010$ ). Detta syns också tydligt i CA-ordinationen (egenvärden = 0,578; 0,486; total inertia = 2,879; Figur 6).



Figur 6. CA-ordination (egenvärden: 0,578; 0,486; total inertia = 2,879) på makrofytartsammansättning för sjöar med (fyllda cirklar) och utan (tomma kvadrater) sjöhjortron (*Nostoc zetterstedtii*).

## Växtplankton

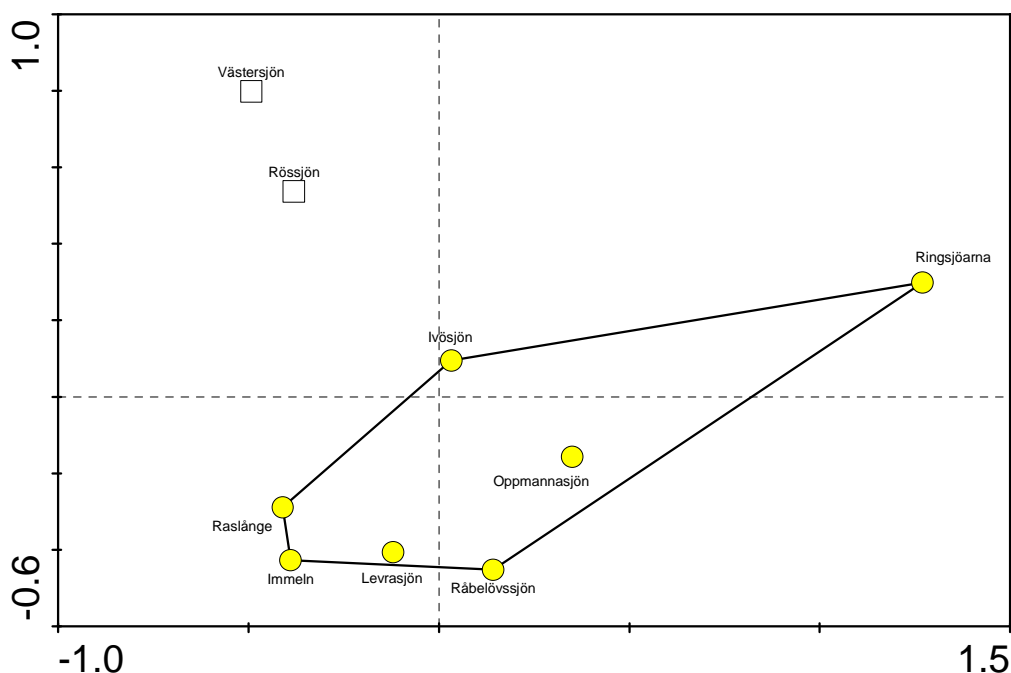
Det finns inga signifikanta skillnader i artantal mellan sjöar med och utan sjöhjortron ( $p = 0,33$ ; Fig. 7a). Inte heller den logistiska regressionen visar några skillnader ( $P = 0,40$ ; Fig. 7b).



Figur 7. (a) Medel antal växtplanktonarter i sjöar med och utan sjöhjortron (*Nostoc zetterstedtii*). Felstaplarna visar  $\pm 1$  standardavvikelse. (b) Logistisk regression ( $P = 0,40$ ) av antal växtplanktonarter i sjöar med (fyllda cirklar) och utan (tomma kvadrater) sjöhjortron.

En DCA-ordination med alla variabler visade att PCA och RDA är de lämpligaste ordinationsmetoderna (Första gradientens längd = 2,710). Enligt ett Monte Carlo-test (RDA; 999 permutationer) finns inga signifikanta skillnader mellan artsammansättningen i sjöar med och utan sjöhjortron ( $p = 0,0560$ ). Dataunderlaget är dock väldigt svagt. I endast två sjöar med växtplanktondata har sjöhjortron påträffats. I PCA-ordinationen (egenvärden: 0,275; 0,187) syns tydliga skillnader (Figur 8). Sphingomonas miljökrav (näringsfattiga, klara, grunda sjöar) bör ha en stor inverkan på växtplanktonens sammansättning, men ett bättre dataunderlag skulle behövas för att dra vidare slutsatser.





Figur 8. PCA-ordination (egenvärden: 0,275; 0,187) på växtplanktonsamansättning för sjöar med (fyllda cirklar) och utan (tomma kvadrater) sjöhjortron (*Nostoc zetterstedtii*).

### 3. Slutsatser

En del skillnader i vattenkemi kunde urskiljas mellan sjöar med och utan sjöhjortron. Sjöar med sjöhjortron var generellt sett näringsfattigare i avseende på total-fosfor och total-kväve. Det är inte överraskande eftersom höga näringshalter leder till mer växtplankton eller makrofytter som skuggar ut de bottenlevande sjöhjortronen.

Sjöar där Sjöhjortron har påträffats har signifikant lägre pH än sjöar där arten inte finns, men alla sjöar i undersökningen har högt pH (över 7) och huruvida sjöhjortron är en indikator för miljömålet *Bara naturlig försurning* kan inte avgöras med tillgängliga data.

Antalet makrofyterarter är lägre i sjöar med sjöhjortron (enligt logistisk regression, enligt t-test nästan signifikant olika medelvärden). Det beror sannolikt på att sjöhjortron kräver sjöar med klart vatten, låga näringshalter och sandbotten – en sjöttyp som har få antal makrofyterarter.

Antal fiskarter skiljer sig inte mellan sjöar med och utan sjöhjortron, men däremot sammansättningen. Arter som lake, elritsa, bergsimpa och ål är karakteristiska för sjöhjortronsjöar i de undersökta sjöarna i den här studien.

Tendenser till skillnader kan också ses i växtplanktonsamansättningen, men endast två sjöar med sjöhjortron har provtagits för växtplankton. Därför är det inte möjligt att dra några generella slutsatser från resultaten av denna studie vad gäller effekter av växtplankton, även om faktorer som påverkar sjöhjortrons utbredning – främst näring och vattenfärg – också påverkar växtplanktonsamansättningen.

Sammanfattningsvis pekar tillgängliga data mot att sjöhjortron är en användbar indikator för näringsfattiga klarvattensjöar med en makrofytflora karakteriserad av submersa sand- och hårdbottnarter. Den särpräglade fiskfaunan och makrofytfloran som finns i sjöhjortronsjöar gör att sjöhjortron skulle kunna fungera som en indikator för miljömålen *Ett rikt växt- och djurliv* och *Levande sjöar och vattendrag*. Huruvida sjöhjortron är en bra indikator för förändringar över tid är dock okänt. För att undersöka det behövs större dataset och tidsserier. Sjöhjortron är dock rödlistad i kategorin *missgynnad*, och dess livsmiljöer är därför viktiga att bevara.

Slutligen vill vi påpeka att urvalet av sjöar för denna studie är ganska snävt och kan ge en missvisande bild av vilka faktorer som är viktiga för sjöhjortronets utbredning, eftersom de miljövariabler som analyserats inte skiljer sig så mycket mellan de sjöar som ingår i datasetet. Till exempel så har endast klarvattensjöar inventerats och vattenfärg spelar därför inte så stor roll för utbredningen av sjöhjortron i dessa sjöar. Datasetet innehåller också få sjöar, och för en del kemiparametrar och organismgrupper är det alldeles för få för att några pålitliga slutsatser ska kunna dras. Bristen på data har också gjort att olika sjöar utgjort dataunderlaget för de olika organismgrupperna, vilket kan innebära att jämförelser däremellan är osäkra. Det exemplifieras väl av de ologiska skillnaderna i siktdjup med och utan vattenkikare i sjöar utan sjöhjortron – siktdjupet blir lägre då vattenkikare använts. Ett annat problem med att sammanställa data från olika inventeringar är att inventeringsmetoderna kan vara olika och dokumentationen om metoderna bristande. Dessutom är det väldigt tidskrävande att sammanställa data från olika inventeringar till ett enhetligt format som kan användas i lämplig programvara. Därför var det tyvärr inte möjligt att analysera bottenfauna inom ramen för detta projekt.

De flesta av sjöarna i det dataset som funnits till hands för denna studie är troligen av relativt god (ekologisk) status. För en fullständig utredning och analys av samband mellan sjöhjortron och de aktuella prediktorvariablerna krävs ett slumpmässigt obundet urval av sjöar. På grund av det skeva urvalet är det därför vanskligt att dra några generella slutsatser från resultaten i denna studie.

## 4. Referenser

Asp T. 2004. Övervakning av sjöhjortron (*Nostoc zetterstedtii*) i Blekinge, 1997-2004. Rapport: 2004/9. Länsstyrelsen Blekinge län, Karlskrona. ISSN: 1651-8527

Bengtsson R. 1986. Makroalgen *Nostoc zetterstedtii*. Utbredning och miljökrav. Fauna och Flora 81: 201-202.

Bengtsson R. 2005. Faktablad: *Nostoc zetterstedtii* – sjöhjortron. ArtDatabanken.

ter Braak, C. J. F., Smilauer, P. 2002. CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA.

Jongman, R.H., ter Braak, C.J.F., Tongeren, O.F.R., 1995. Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press, Cambridge.

## Bilaga I.

Sjönummer (använda i ordinationsdiagram) för sjöar inventerade efter sjöhjortron, samt sjöhjortronstatus, sjönamn, länsstillhörighet, och geografiska koordinater.

| Sjönummer | Sjöhjortron | Namn                      | Län       | x      | y      |
|-----------|-------------|---------------------------|-----------|--------|--------|
| 1         | ja          | Västersjön                | Skåne     | 624669 | 133052 |
| 2         | ja          | Rössjön                   | Skåne     | 624592 | 133120 |
| 3         | nej         | Immeln                    | Skåne     | 623875 | 140890 |
| 4         | nej         | Raslången                 | Skåne     | 623720 | 141480 |
| 5         | nej         | Oppmannasjön              | Skåne     | 621920 | 140815 |
| 6         | nej         | Ivösjön                   | Skåne     | 621915 | 141080 |
| 8         | nej         | Levrasjön                 | Skåne     | 622030 | 141820 |
| 9         | ja          | Värsjön                   | Skåne     | 624613 | 135635 |
| 10        | nej         | Tydingen                  | Skåne     | 623681 | 138848 |
| 11        | nej         | Siesjön                   | Skåne     | 621624 | 142209 |
| 12        | nej         | Råbelövssjön              | Skåne     | 621900 | 140150 |
| 13        | nej         | Sätöftasjön               | Skåne     |        |        |
| 14        | nej         | Östra Ringsjön            | Skåne     |        |        |
| 15        | nej         | Västra Ringsjön           | Skåne     |        |        |
| 16        | nej         | Västra Ringsjön Sundet Ö. | Skåne     |        |        |
| 17        | nej         | St Kroksjön               | Blekinge  | 623533 | 144115 |
| 18        | nej         | Galtsjön                  | Blekinge  | 623251 | 146284 |
| 19        | nej         | Blanksjön                 | Blekinge  | 623175 | 146111 |
| 20        | nej         | Blanksjön                 | Blekinge  | 623175 | 146111 |
| 21        | ja          | Horsasjön                 | Blekinge  | 624702 | 146757 |
| 22        | ja          | Horsasjön                 | Blekinge  | 624702 | 146757 |
| 23        | ja          | Vitavatten (Baggeboda)    | Blekinge  | 624132 | 141615 |
| 24        | ja          | Vitavatten (Rösjö)        | Blekinge  | 623695 | 142465 |
| 25        | nej         | Skårsjön                  | Blekinge  | 624324 | 147903 |
| 26        | nej         | Färskesjön                | Blekinge  | 622492 | 150312 |
| 27        | nej         | Nässjön                   | Blekinge  | 623289 | 146219 |
| 28        | nej         | Nässjön                   | Blekinge  | 623289 | 146219 |
| 39        | ja          | Hästsjön                  | Jönköping | 640243 | 143249 |
| 40        | ja          | Kansjön                   | Jönköping | 639170 | 142371 |
| 41        | ja          | Södra Vixen               | Jönköping | 639017 | 144472 |
| 42        | ja          | Vallsjön                  | Jönköping | 636887 | 143795 |
| 43        | ja          | Fiolen                    | Kronoberg | 633025 | 142267 |
| 44        | ja          | Ribblingsnässjön          | Jönköping | 640188 | 142483 |
| 45        | nej         | Blanksjön                 | Blekinge  | 623175 | 146111 |