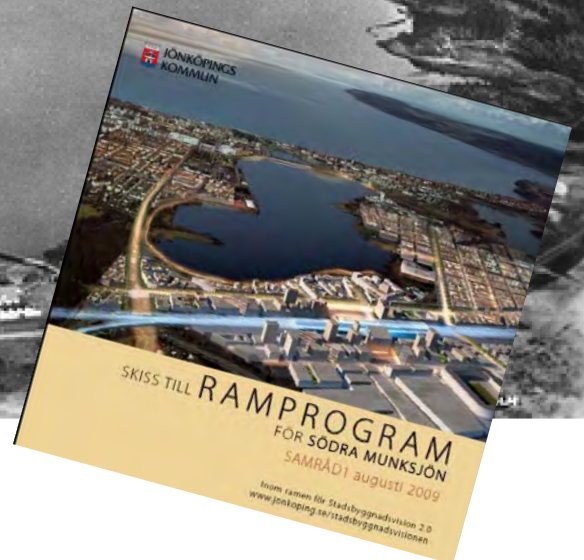
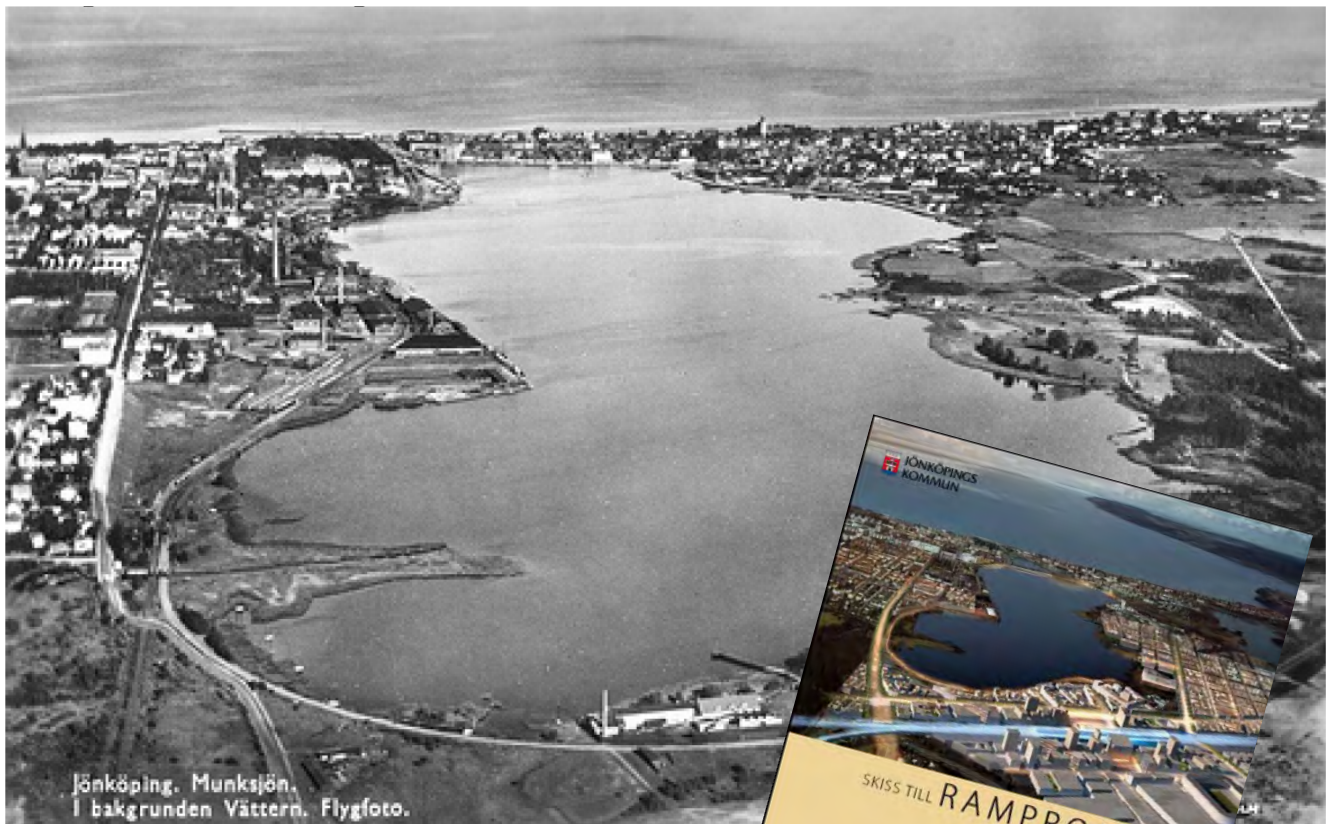




# Munksjöns framtid?



Rapport nr 100 från Vätternvårdsförbundet



# Rapport nr 100 från Vätternvårdsförbundet

(Rapport 1-29 utgavs av Kommittén för Vätterns vattenvårds. Kommittén ombildades 1989 till Vätternvårdsförbundet som fortsätter rapportserien från Rapport 30.)

Rapport	100
Framsida	Tidigt flygfoto över Munksjön/Jönköping samt framsidan till "Skiss till ramprogram för södra Munksjön: samråd 1 augusti 2009" (från Jönköpings kommun)
Utgivare	Måns Lindell (red), oktober 2009
Kontaktperson	Ann-Sofie Weimarsson, Länsstyrelsen i Jönköpings län. Telefon 036-395000, e-post: ann-sofie.weimarsson@lansstyrelsen.se
Webbplats	<a href="http://www.vattern.org">www.vattern.org</a>
Författare	Anges i respektive kapitel
Fotografier	Vätternvårdsförbundets arkiv (om inget annat anges)
Kartmaterial	Anges i respektive kapitel
ISSN	1102-3791
Upplaga	200 ex.
Tryckt på	Länsstyrelsen, Jönköping 2009
Miljö och återvinning	Rapporten är tryckt på miljömärkt papper och omslaget består av PET-plast, kartong, bomullsväv och miljömärkt lim. Vid återvinning tas omslaget bort och sorteras som brännbart avfall, rapportsidorna sorteras som papper.

© Vätternvårdsförbundet 2009



## Förord

Munksjön är en extrem stadssjö: den ligger mitt i Jönköping, utgör ett tydligt element och del av stadens intryck, men utgör också mottagare av avlopps- och industrivatten. Historisk har sjön troligen tillförts föroreningar i mer än hundra år, något som accelererade under tidigt 1900-tal varvid det helt enkelt blev för dåligt för att det skulle kunna accepteras. Jönköpings stad blev ogästvänlig och ohälsosam. Från att ha varit en arena för simning och bad, folkparker och nöjesområde, transportväg och tillgång blev Munksjön stadens baksida – oanvändbar och helst inte nämnvärd. Stora ansträngningar gjordes dock för att förbättra miljön, inte minst för att det var direkt ohälsosamt att vistas i närområdet. Munksjön innehåller idag stora föroreningsmängder i sediment men även vattenfasen är inte miljömässigt acceptabel. Munksjön är ”sjuk”!

Idag är miljösynen större och nya tag görs för att mildra Munksjöns åkommor. Staden har vänt Munksjön framsidan till och man ser numera sjön som en tillgång – en attraktionskraft i samhällsutvecklingen. Industriutsläppen har minskat och förbättras fortlöpande. Det vi idag upplever är trots allt bättre än det var för 50 år sedan – det är dock inte ett hållbart miljötillstånd. Diskussioner pågår alljämnt om vad som är bäst för sjön, vad som är möjligt – både ekonomiskt och miljömässigt. Kanske kan Munksjön åter bli stadens samlingspunkt med friluftsliv, fiske, vattenskidor och rodd och dessutom bli ansedd som en positiv tillgång?

Förhoppningen är att följande rapport ska kunna utgöra kunskapsunderlag i olika sammanhang. Rapporten kan också leda till tankar och diskussioner. Delarna i rapporten är var för sig publicerade med olika syften t ex tillståndsprovningar för byggnation eller industri, eller t o m i annan rapportserie. Historiska återblickar ges i ett par dokument om hur Munksjön kunnat bli så förorenade som den är. Genom samla delrapporterna ska det vara lättare att få tag i samlad information om sjön. Samtliga delar återges med medgivande från författarna.

Vätternvårdsförbundet vill tacka samtliga ”beställare” av olika utredningar som ingår i föreliggande rapport vilka tillsammans leder till ökad kunskap om Munksjön.



Måns Lindell  
*Sakkunnig vattenfrågor*  
*Vätternvårdsförbundet*



Foto: Möjlig utveckling av området runt Munksjön. Från samt framsidan till "Skiss till ramprogram för södra Munksjön: samråd 1 augusti 2009" (från Jönköpings kommun; <http://www.jonkoping.se/stadsbyggnadsvisionen>)

# Innehållsförteckning

**Del 1:** Återblick av avloppshistoria i Jönköping (förf: Jan Kaijser)

**Del 2:** Inventering av Tabergsåns avrinningsområde (förf: Martin Fransson)

**Del 3:** Munksjön & avloppsreningsverken (förf: Lennart Lindeström)

**Del 4:** Munksjön – Utredning gällande miljöstatus och påverkan av utsläpp från Munksjö Paper och SCA Hygiene Products  
(förf: Lennart Lindeström, Mats Tröjbom)

**Del 5:** Munksjön den nya stadssjön  
(förf: Lennart Lindeström, Bertil Gustafsson, Måns Lindell)





DEL 1



# Återblick av avloppshistoria i Jönköping

Jan Kaijser, f d chef Vatten och avlopp, Jönköpings kommun

## ***Innan avloppsnätet fanns***

Jönköping kan skryta med att vara en av de allra första städerna i Sverige som ordnade med offentlig vattenförsörjning. 1864 påbörjades byggande av vattenledningar och det vattenverk, som vi idag kan besöka som friluftsmuseum upp i Vattenledningsområdet. Det använde Junebäckens vatten och kapaciteten var c:a 4 l/sek och den blev snart otillräcklig. Vattenförsörjningen fick upprepade gånger förstärkas innan ett nytt vattenverk byggdes 1935 – Ekelundshovsverket. Idag behöver vi 500 l/sek.

I motsats till vattenförsörjningen kom det att dröja länge tills stadens avloppsproblem blev ordentligt lösta. Dessa problem kom dessutom att förstärkas med en bättre vattenförsörjning och den växande befolkningen. Tre problemområden återkommer ständigt i dessa bemödanden: Junebäcken, stadsdelen Öster och - något senare - Munksjön.

På dagens mjölkpaket kan vi läsa om hur man på medeltiden slängde ut allt avskräde och träck på gatorna, som stank förfärligt. Men ännu långt in på 1800-talet avleddes här i Jönköping fastigheternas avloppsvatten längs gatorna i öppna stensatta rännstenar till närmaste vattendrag. tillsammans med avskräde, kreaturs- och hästspilling Visserligen fanns viss latrinhämtning, men rännstenarna blev fyllda av rutnade förorening och stank nästan lika förfärligt som på medeltiden. Närmaste vattendrag var Junebäcken, Munksjön i viss mån Vättern. Junebäckens vattenflöde togs i allt högre grad i anspråk för stadens vattenförsörjning, vattenflöde blev svagt och bäcken utvecklades av all förorening till ett stinkande träsk. Munksjön förorenades ju också, men det märktes inte så mycket i början. Föroreningarna skulle snart öka ännu mer liksom problemen.



**Figur 1. Jönköpings nordvästra strand på en tidpunkt innan sjön påverkades nämnvärt.**

## **Avlopps nätet i begynnelsen**

Genom "Öster" slingrade" den kanal, som anlades redan när staden flyttades hit från "Väster" i början av 1600-talet. Den gick genom staden från Munksjön ungefär där Museirondellen ligger förbi Göta Hovrätt och i Kanalgatan bort till Tullportsgatan, där den vek av mot Rocsjön; man kan fortfarande se en rest av den i Rocsjöparken. Den var nödvändig för att dränera de sankna mader och sandrevlar som jönköpingsborna egentligen inte ville bosätta sig på.

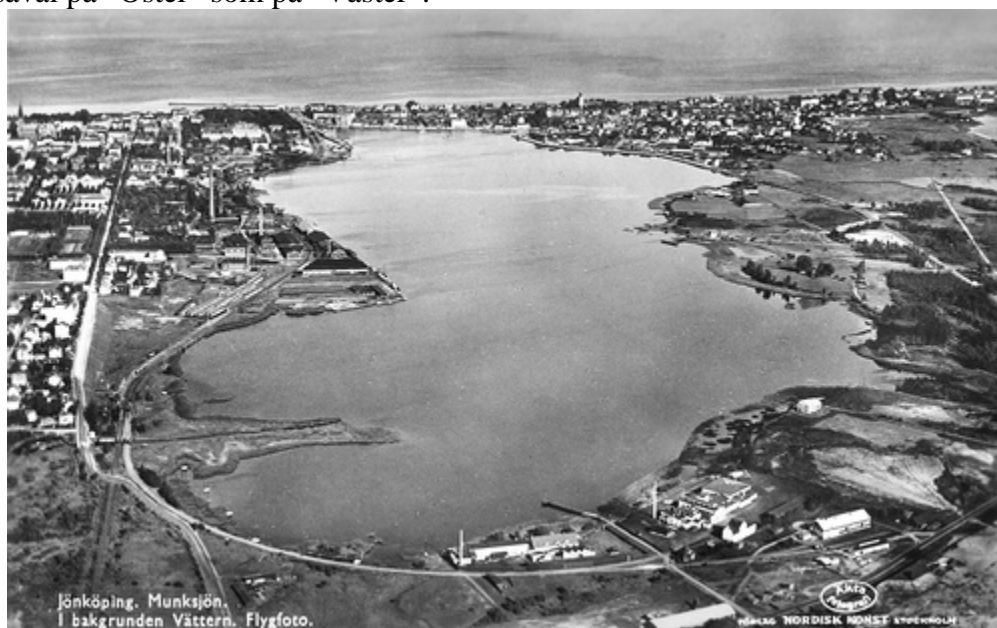
Kanalen missbrukades av alla som avstjälpningsplats för allsköns avskräde, urin, m.m. och blev därför ett långvarigt sanitärt problem. Vattenflödet genom kanalen var för svagt, den luktade avskryvart och krävde ideliga rensningar. För att få ett ökat vattenflöde försökte man att leda Rocsjöns tillflöden, främst Strömsbergsbäckens flöde, genom kanalen till Munksjön och genom att stänga av rocsjöns utlopp Rocsjöån. Vid muddring 1938 fann man nämligen en fördämning av trä, som byggts i ån. 1881 byggdes kanalen om för att underlätta rensningarna, men detta hjälpte föga och 1903 fick man bygga en pumpanläggning vid Rocsjön för att friskt vatten skulle flöda bättre genom kanalen.



**Figur 2. Jönköpings nordvästra strand. Notera järnvägsspåren som löper utmed sjökanten. Från JÖNKÖPINGS LÄNS MUSEUM Byggnadsvårdsrapport 2001:2**

1885 började man bygga offentligt ägda ledningar för att råda bot på avloppsproblemen inom den s.k. "Förstaden", dvs. på "Väster". Med ledningar i Kungsgatan, Gjuterigatan, Nygatan, Västra Storgatan ut till Munksjön och från Myntgatan förbi nuvarande Idrottshuset genom Slottskyrkogården ut till Vättern ersattes de stinkande rännstenarna. Till dessa ledningar fick fastigheterna ansluta sina avlopp, och det innebar ju avsevärd standardhöjning och öppnade för nya sanitära lösningar i hemmen, men kom att få svåra konsekvenser i Munksjön och Vättern.

Ännu 1897 ansåg man att motsvarande ledningar inte kunde utföras på "Öster", därför att området låg för lågt och för nära grundvattenytan. Det gick inte att få tillräckligt fall i ledningar för avlopp till Munksjön eller Vättern. Enskilda ledningar byggdes visserligen, där det var möjligt, till såväl Vättern som Munksjön som kanalen, men utan samordning och med bristande teknisk kvalitet. Att det skulle bli nödvändigt att pumpa ut avlopp från stadsdelen stod nog klart för alla insatta, men ett förslag från den av staden ofta anlitade professor Richert 1903 genomfördes inte, därför att kostnaden var för hög. Först 1912 beslutade Jönköpings stadsfullmäktige att genomföra ett omfattande förslag att ordna avloppsförhållandena i staden. Förslaget hade utarbetats av byggnadschefen Adrian O. Andersson och innebar genomgripande åtgärder såväl på "Öster" som på "Väster".



Figur 3. Tidigt flygfoto över Jönköping.

## **Öster och Väster**

"Öster" delades in i 4 områden som var och en skulle anslutas till en stor pumpstation vid Vedtorget med ett utlopp genom Båtsmansgränd och 150 m ut i Vättern. Huvudledningar skulle byggas i alla områdena – från Smedjegatan i västra delen till Mellangatan i den östra. Förslaget omfattade inte A6 regemente och det kom att sinka byggstarten och under tiden bröt 1:a världskriget ut och allt fick vänta.

På "Väster" omfattade förslaget huvudledningar i gatorna på Torpa och centrum via Kyrkogatan ner till Vättern för att skära av alla anslutningar till Munksjön. Likaså var Junebäcken fortfarande ett stort problem. De ovan nämnda ledningarna från Myntgatan till Vättern var ofta överbelastade och hade s.k. bräddavlopp, d.v.s. utflöden vid överbelastning, till bäcken. De tillgodosåg dessutom inte all bebyggelse längs bäcken. För att åtgärda problemen byggdes en stor ledning väster om bäcken för spill- och dagvatten och med bräddavlopp till bäcken. Därtill ersattes ledningarna från Myntgatan med en ny huvudledning i Gröna gatan genom Slottskyrkogården ut till Vättern; men likväl med bräddavlopp till Junebäcken. Målsättningen var att leda ut så mycket

avlopp som möjligt till Vättern, vilket skulle få besvärande konsekvenser och leda till ytterligare, mer omfattande åtgärder senare.

Ledningen längs Junebäcken hann faktiskt färdigställas till 1915, men de övriga ledningarna på "Väster" hindrades av krigets kristid och blev klara först 1922. Åtgärderna på "Öster" fick vänta ända till 1928 på sitt genomförande, då pumpstationen färdigställdes. Den byggdes inte vid Vedtorget utan ett kvarter österut dit, där den fortfarande ligger vid järnvägsundergången i sin prydliga tegelbyggnad. Ledningarna till pumpstationen hade visserligen börjat byggas under grundvattenytan några år tidigare för avledande av regnvatten, men kom att användas även för hushållens slaskvatten. De krävde mycket rensning och underhåll och medförde även översvämning när vatten trycktes bakvägen från Vättern.



**Figur 4.** Denna bild från 1900-talets första år visar Jönköpings Roddsällskaps klubbhus vid östra Munksjöstranden

### ***Vattenklosetten gör intåg***

Vid den här tiden började vattenklosetter att installeras där det fanns avlopp med tillräckligt fall till Vättern eller Munksjön. Stadsfullmäktige hade fastställt föreskrifter för vattenklosetter redan 1916. Ledningar hade byggts på Bymarken, Skänkeberg, Torpa, Rosenlund och Sanna. 1922 fanns nästan inga vattenklosetter i Jönköping, men i slutet av 1923 hade ca 100 st installerats. År 1925 fanns 400 st, 1930 fanns 1200st och år 1940 var antalet c:a 7600 vattenklosetter.

När man ser denna tillväxtkurva förstår man vilken standarhöjning avloppssystemet medförde och vad samhällets investeringar betydde för hälsa och välstånd. Jönköpingsborna njöt nog av sin nya sanitet obekymrade av den balansrubbing den medförde och de stora bekymmer, som lurade inom en nära framtid.

På ”Öster ”gjorde man sig av med problemet ”Kanalen”. Redan 1925 började man fylla igen delarna längst österut, och 1928 fylldes den sista biten vid Göta Hovrätt igen. Allt mer avloppsledningar byggdes till den nya pumpstationen, och allt fler fick tillgång bättre sanitet.

Men man kunde inte bada i Vättern längre. Vid sydlig vind var nog vattnet klart men mycket kallt., som alla jönköpingsbor vet. Vid nordlig vind kommer det varma ytvattnet in till stranden, men vid denna tid fylldes då också stranden med allt vad avloppsledningarna till sjön spytt ut: En grå, förfärlig sörja av söndersmulat papper och fekalier. Jönköpings borna fick nöja sig med Rocksjobadet, som anlagt 1929 som ett provisorium, sedan ett kallbadhus på Vätterstranden förstörts av is och stormar i slutet av 20-talet. Badet blev aldrig populärt och man kan reflektera över beteckningen provisorium. Sannolikt fanns det en diskussion om att rådande förhållanden med bristande avloppsrening på något sätt måste åtgärdas.

### ***Munksjön fick ta emot det mesta***

Munksjön kom att bli ett ännu värre problem. Genom åren allt ifrån industriexpansionen under andra halvan av 1800-talet hade sjön tagit emot förorening i ökande grad. Munksjö AB:s pappersbruk hade tömt ut pappersfibrer, sulfitul och hartstsvålämnen i den, Jönköpings läns andelsslakteri hade sköljt ut sina slaktrester i sjön, det ruttna kanalvattnet från öster hade runnit ut i den. Många andra, men mindre, föroreningskällor fanns längs sjöns stränder. Ovanpå detta kom så expansionen av vattenklosetter med utlopp direkt till sjön och till Tabergsån. Även utloppen direkt till Vättern belastade Munksjön genom att det förorenade strandvattnet pumpades in i sjön med Vätterns vattenståndsvariationer. Detta var mycket mer än vad sjön orkade bära och den kom att ”slå ordentligt bakut”.

Organisk substans, som inte lever, bryts ner av biologiska, s.k. aeroba processer som konsumerar syre så länge fritt syre finns tillgängligt. När syret har tagit slut fortsätter nedbrytningen med andra, s.k. anaeroba processer, som kräver frånvaro av fritt syre, och som fortsätter så länge det finns energi kvar i den organiska substansen. Båda dessa processer finns överallt i naturen. Den aeroba processen skapar koldioxid och värme. Den anaeroba processen påskyndas av värme och skapar framförallt metangas och koldioxid men även svavelväte om det finns svavel tillgängligt. Svavelväte är en förrädisk gas. Den luktar starkt som ruttna ägg i lägre koncentrationer, men luktar inte alls vid stark koncentration, då den är mycket giftig.

Att Munksjön sommartid var helt syrefri i sitt bottenvatten och visade spår av svavelväte hade mätningar visat redan 1915, men sommaren 1936 rapporterades en ”svag och elak” lukt från sjön tidvis. Vissa skyllde Vaggeryds sulfatfabrik för denna lukt.

### ***Vändpunkten 1937***

Så kom sommaren 1937. Den var mycket torr och varm. Vatten temperaturen steg i sjön och tillrinningen av syrerikt vatten var minimal. I mitten av juli fylldes Munksjöns utlopp till Vättern – dagens ”Kanalen” - av död fisk. Vattnet var alldeles svart och stank kraftig. Snart började norra delen av Munksjön också att lukta mycket illa. Ute på sjön började öar av ruttande träfiber att flyta upp, framför allt utanför pappersbruket. Hela sjön blev snart gråsvart och tycktes täckt av ett tjockt oljelager av hartstsvål, som gjorde att sjön var blank och stilla fastän det blåste och vågorna

gick höga på Vättern. Över hela ytan bubblade svavelväte upp. Det luktade förfärligt i hela staden. Vita hus - målade med blyvitt - längs Södra Strandgatan, blev grådaskiga, Skyltar av metall skadades, vissa mässingsskyltar löstes till och med upp och rann bort. På kvällen rengjorda koppar- och silversaker kunde vara alldeles svarta morgonen efter. En sydlig storm den 16 september drev ut ett 10 km långt svart, samlat band av Munksjövatten rakt norrut över Vättern och bandet kunde man sedan följa med blicken ytterligare 10 km norrut.

”Munksjöfrågan” medförde en livlig diskussion under sensommaren och hösten såväl hos allmänheten som i tidningar och politiska organ. Vid höstvändningen av Munksjön i slutet av oktober steg ytvattnets innehåll av svavelväte från 2 till 7 mg/l och förhållandena i staden blev extra besvärliga. Strax därefter förbättrades läget påtagligt och varaktigt. Vattnet blev kallare, svavelvätebildningen avstannade och lukten försvann. Vid vindbron kunde man dock känna lukten ända in i februari 1938. Sommaren 1938 var tydligen mera svensk och kall, för lukten återkom inte, och sol, regn och frisk luft gjorde husen vita igen och folk glömde. Så överraskningen blev stor när Munksjön fick ett återfall 1939 och gav ifrån sig mängder av svavelväte igen.

Dessa missförhållanden pockade naturligtvis på snara åtgärder. Redan i augusti 1937 enades staden och Munksjö AB om att starta en serie mätningar med tillkallade sakkunniga från Stockholm och Köpenhamn för att utreda orsaker och lämpliga motåtgärder. Man kunde snart konstatera att kombinationen sulfitlut från Munksjö AB, toalettavfall från staden och slakteriavfall var synnerligen farlig för Munksjön. Munksjö AB hade därtill nyligen ökat sin användning av svavel från 800 ton till 1000 ton per år, vattenklosetternas antal ökade starkt och slakteriet hade haft en stark tillväxt sedan 1934. Kunskaperna ledde fram till omfattande åtgärder.

Munksjö AB började redan på hösten 1937 att bygga en ledning till Vättern i Kapellgatan för utsläpp av sulfitlut, som togs i bruk i början av 1938. Man installerade också under vintern -1937 -38 en anläggning avskiljning av hartstväv.



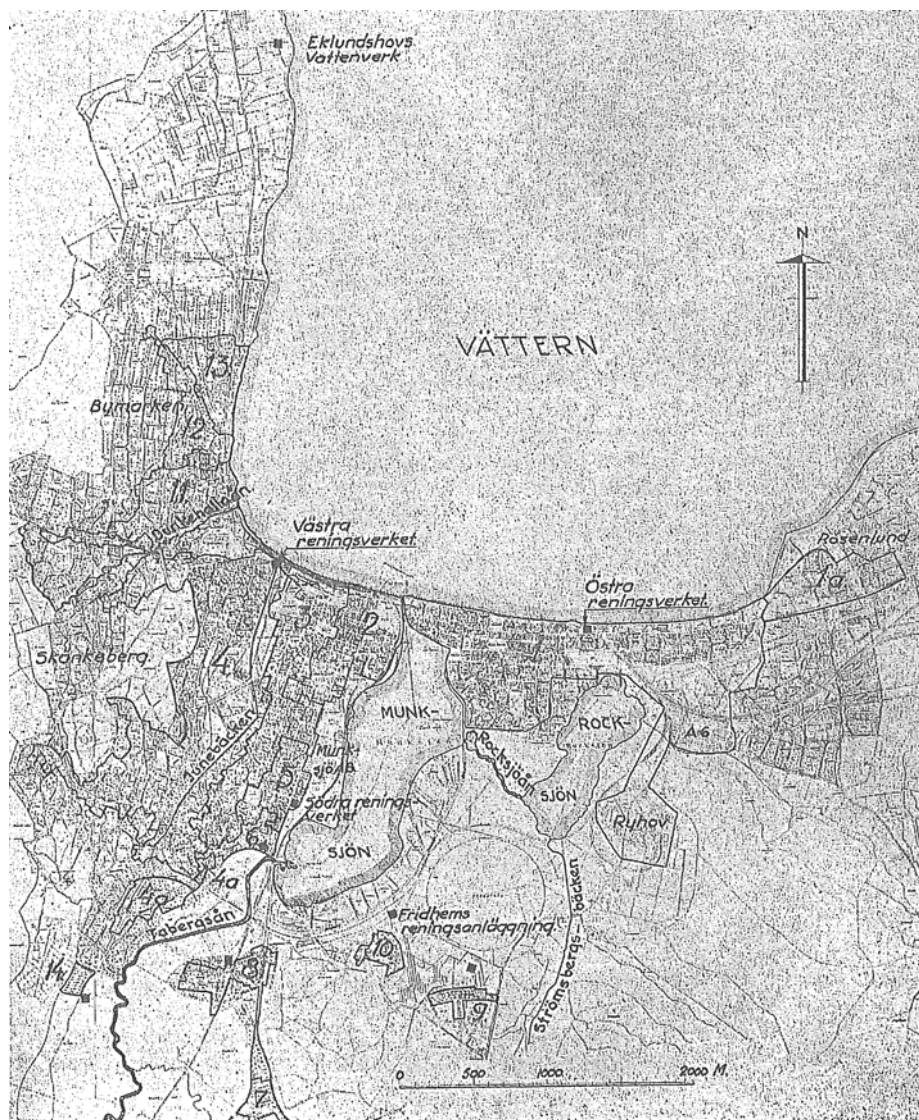
**Figur 5. Bandytag på Munksjöns is på 1920-talet. När Munksjöns miljötillstånd blev så pass dåligt att det behövde pumpas runt vatten blev också isarna otillförlitliga.**



## Reningsverken tillkommer

Staden beslutade 21 oktober 1937 ordna med att överföra syrerikt vatten från Vättern via Racksjön till Munksjön för att förbättra syreförhållandena där. Anläggningen togs efter en del svårigheter i bruk i augusti 1938. Staden beslutade samtidigt att bygga om pumpstationen från 1928 vid järnvägsundergången till Östra reningsverket, Verket började byggas redan i december 1937. Det började fungera i april 1938 och var slutligt färdigt sommaren 1940.

Ett år senare, i 21 december 1938, beslutade man att bygga det västra reningsverket vid Talavid. Verket började byggas i november 1939, och började användas sent på hösten 1940. Under 1940 och 1941 byggdes det Södra reningsverket för att rena avlopp från Torpa som gick Munksjön. Det var vårt första avloppsreningsverk med biologisk rening. Avskiljning av organisk förorening var nödvändigt med tanke på den svåra situationen i Munksjön, och det gjorde man i verket med en biobädd. Verket hade även en röt-kammare för stabilisering, dvs. nedbrytning av de avskiljda föroreningarna. Verket låg i slänten ner mot Munksjön vid rondellkorsningen Barnarpsgatan – Torpagatan.



Figur 6. Anläggandet av reningsverk i Jönköping.

Östra och Västra reningsverket byggdes för enbart mekanisk rening, dvs. den begränsade avloppsrening man kan uppnå med rengaller och sedimentering. Att det redan då fanns en diskussionen ute i samhället om längre gående behandling kan man läsa mellan raderna i litteraturen. Den kanske mer handlade om bad än om förändring av Vättern, men den visar att kunskapen fanns där, liksom konflikten mellan önskan och uppoffring. Alla dessa tre verk var i bruk fram tills Simsholmens avloppsreningsverk togs i bruk 1968.

Vattenpumpningen via Rocksjön fungerar fortfarande och består av en rund pumpstation, som de flesta av oss jönköpingsbor har promenerat förbi på Vätterstranden vid Sandgatan. Den kan pumpa 2 kubikmeter vatten per sek via kanalen i Liljeholmsparken, Rocksjön och kanalen bakom ICA-Maxi till utloppet i Munksjön omedelbart söder om Simsholmen. Platsen valdes för att uppnå så god blandning som möjligt av syrerikt Vätternvatten med syrefattigt Munksjövatten. Syrsättningen fick senare kompletteras med luftinblåsning i sjön, och Munksjö AB kom senare att använda en del det pumpade vattnet för sin produktion av kabelpapper. Lutledningen i Kapellgatan behövdes inte längre när Munksjö AB:s massatillverkning upphörde och används sedan 80-talet av kommunen som dagvattenledning.

### ***Åtgärder gav respit***

Dessa åtgärder gav "lindring för stunden". Konsekvenserna flyttades längre bort och blev inte lika påtagliga och tydliga, men att avloppsreningen var otillräcklig rening visade undersökande mätningar i Vättern redan 1938 och 1939. Miljöfrågorna började nu växa fram som ett tungt inslag i politik, och andra aktörer kom in på scenen och krävde åtgärd.

I slutet av 1950-talet började Kommittén för Vätternsvatten varda sin verksamhet. Den blev ett samverkansorgan länsstyrelser, kommuner, industrier och intresseorganisationer runt Vättern, och kom att betyda mycket för Vättern och avloppsreningens fortsatta utveckling. Idag heter organisationen Vätternvårdsförbundet. Kommittén genomförde mätningar av föroreningssituationen i Vättern 1962 och i större omfattning 1966 och -67. Mätningarna visade att sjön riskerade att snabbt försämrats och kommittén sökte och fick statsbidrag till utarbete en Vattenvårdsplan för Vättern. Den upprättades de följande 2 åren med Sven Åke Svensson som drivande ledare. Den 1 juli 1967 bildades Statens Naturvårdsverk. God kommunal avloppsrening var från början ett väsentligt mål för verket och snabbt kom program för statsbidrag till utbyggnad av avloppsrening. 1967 hade siktdjupet i Vättern minskat till 7 meter. I början av 1920-talet var det 18 meter. I södra Vättern var halten av organisk substans dubbelt så högt som medelvärde för sjön och tillförseln av fosforärsalter 130 ton/år av totalt 195 ton/år till hela sjön.

### ***Tidigt höga krav på reningen***

Att medvetenheten ökat lokalt kan skönjas av att Huskvarna reningsverk byggdes 1954 med biologisk behandling av avloppsvattnet, och att Jönköping satte igång utredning av ytterligare avloppsrening, vilket ledde fram till att avloppsreningsverket Simsholmen blev klart 1968. Båda verken var från början byggda enbart för reduktion av syreförbrukande organisk förorening, men Simsholmen byggdes med förberedelse för ytterligare rening av fosforärsalter.

Vattenvårdsplanen kom ut i tryck 1970 och satte som mål att 1972 skulle samtliga reningsverk runt Vättern ha avskiljning av organisk substans och fosfor med mer än 90 %. Planen – och

statsbidrag - fick ett starkt gensvar i berörda tätorter runt Vättern, och mätvärdena i Vättern visar på en dramatisk förändring av förorening av syreförbrukande organiskt material och fosforsalter åren runt 1970. Idag är siktdjupet förbättrat till 13 meter, halten av organiskt substans är inget problem och fosforhalten i Vättern är låg. Munksjön har också repat sig en hel del, men där finns fortfarande stora problem kvar.

Av kommunens reningsverk hade Bankeryds reningsverk startat med fosforreduktion redan 1969, och Simsholmens och Huskvarna byggdes om till fosforreduktion under 1971 och-72 och har fungerat allt bättre sedan dess. Redan i början av 1980-talet började man använda en ny teknik för fosforrening, s.k. simultanfällning, som gjorde ovan nämnda tillbyggen överflödiga. De stod avställda ett antal år, men kom väl till pass när man införde rening m.a.p. kvävenärsalter. Med ökad erfarenhet och kunskap har verkets funktion finslipat och dag fungerar det bättre än det någonsin gjort.

Frågor kommer smygande när man går igenom ett material som detta: Vilken kunskap fanns tillgänglig 1883, 1903, 1912, och 1937? Vad hade man vunnit på att ta ut svängarna ordentligt? Kommer vi alltid att vara för återhållsamma? Fortsätter konflikten mellan önskan och upphoffring? Är vi djärva nog för att möta alla andra utmaningar vi står inför idag?

---

*Stora delar av innehållet är förkortat från Ragnar Lindqvist, Jönköpings avloppsvatten och dess rening. 1941, Lungrenska Boktr. Gustaf Lundin, Jönköping*



**DEL 2**





Länsstyrelsen i Jönköpings län

# Inventering av Tabergsåns avrinningsområde

Inventering av pågående och nedlagda miljöfarliga verksamheter  
samt potentiellt förorenade områden inom Tabergsåns  
avrinningsområde







## ■ Inventering av Tabergsåns avrinningsområde

Inventering av pågående och nedlagda miljöfarliga verksamheter samt potentiellt förorenade områden inom Tabergsåns avrinningsområde

Meddelande	nr 2009:rapportnummer
Referens	Martin Fransson, Miljö- och samhällsbyggnadsavdelningen, Månad då rapporten trycktes? 2009
Kontaktperson	Martin Fransson, Länsstyrelsen i Jönköpings län, Direkttelefon 036-395088, e-post <a href="mailto:martin.j.fransson@lansstyrelsen.se">martin.j.fransson@lansstyrelsen.se</a>
Webbplats	<a href="http://www.lansstyrelsen.se/jonkoping">www.lansstyrelsen.se/jonkoping</a>
Fotografier	Martin Fransson
Kartmaterial	© Lantmäteriet 2007. Ur GSD-Översiktskartan ärende 106-2004/188F © Lantmäteriet 2007. Ur GSD-Terrängkartan ärende 106-2004/188F
ISSN	1101-9425
ISRN	LSTY-F-M—År/05/06/rapportnummer--SE
Upplaga	Upplaga antal ex? ex.
Tryckt på	Länsstyrelsen, Jönköping 2009
Miljö och återvinning	Rapporten är tryckt på miljömärkt papper och omslaget består av PET-plast, kartong, bomullsväv och miljömärkt lim. Vid återvinning tas omslaget bort och sorteras som brännbart avfall, rapportsidorna sorteras som papper.

© Länsstyrelsen i Jönköpings län 2009

## Förord

Länsstyrelsen i Jönköpings Län har, med medel från Naturvårdsverket, genomfört identifiering och inventering av misstänkt förorenade områden inom länet. Inventerings- och identifieringsarbetet har under delar av 2008 och 2009 inriktats på Tabergsåns avrinningsområde som en del i arbetet med föroreningsproblematiken i Munksjön. I detta projekt har arbetet utförts av Martin Fransson och Camilla Johansson i samarbete med Jönköpings kommun. Denna rapport ger en överblick av resultatet från identifieringen och inventeringen av verksamheter och förorenade områden inom Tabergsåns avrinningsområde.

Inventeringen har utförts enligt Naturvårdsverkets Rapport 4918, Metodik för Inventering av Förorenade Områden, den så kallade MIFO-modellen. Arbetet utgör orienterande studier enligt MIFO fas 1.

Föreliggande rapport publiceras även i digital form på Länsstyrelsens webbplats ([www.lansstyrelsen.se/jonkoping](http://www.lansstyrelsen.se/jonkoping)).

# Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning .....</b>	<b>6</b>
<b>Bakgrund.....</b>	<b>7</b>
<b>Syfte .....</b>	<b>9</b>
<b>Genomförande och metodik.....</b>	<b>10</b>
<b>Ursprungliga frågeställningar .....</b>	<b>10</b>
<b>Arbetsgång .....</b>	<b>10</b>
Urval.....	10
Områdesindelning.....	11
Gallring och prioritering.....	12
Informationssökning.....	12
Inventerade objekt .....	12
Identifierade objekt.....	12
Källor .....	13
Provtagning .....	13
<b>Resultat .....</b>	<b>15</b>
<b>Potentiella källor till aktuella föroreningar – översikt .....</b>	<b>15</b>
Kvicksilver .....	15
Övriga tungmetaller.....	16
PCB.....	16
Olja.....	17
Övriga organiska föroreningar .....	18
<b>Förorenade markområden i Stadsbyggnadsvision 2.0 .....</b>	<b>19</b>
<b>Slutlig prioritering .....</b>	<b>21</b>
<b>Beskrivning av objekten 1-20.....</b>	<b>21</b>
Munksjö pappersbruk.....	21
Simsholmens avloppsreningsverk .....	23
Kålgårdsområdet.....	23
Oljedepåområdet vid Munksjön .....	24
Nynäs-Petroleum AB .....	26
ODAB – Svensk Oljedistribution AB .....	26
POL Transport .....	26
Svenska Statoil AB .....	26
OK Petroleum AB (därefter Hurtigs Åkeri).....	26
Före detta Jet oljedepå .....	27
Kem o Gas Lennart Erlandsson AB.....	27
AB Svenska Shell .....	27
Jönköpings Mekaniska Verkstad .....	27
Gamla gasverkstomten .....	27

Termoverken .....	28
Knutssons Nickelindustri (före detta Britanniafabriken) .....	29
Före detta Norrahammars Bruk .....	30
Tabergs Yllefabrik .....	31
Tabergsgruvan .....	32
Syraslamgropen .....	33
Skandinaviska Oljecentralen AB .....	33
Framnästippen .....	34
Före detta Lantmännens betningsanläggning .....	34
Munksjökajerna .....	34
Nuvarande Stora Enzo Packaging .....	34
Eventuell betning av utsäde .....	35
Sjuk- och dentalvård .....	35
Södra reningsverket .....	35
<b>Beskrivning av objekten 21-50 .....</b>	<b>36</b>
<b>Referenser .....</b>	<b>37</b>
<b>Bilaga 1 – Prioriteringslista .....</b>	<b>40</b>
<b>Bilaga 2 – Kromatogram .....</b>	<b>41</b>
<b>Bilaga 3 – Analysprotokoll .....</b>	<b>42</b>
<b>Bilaga 4 – Kartor över prioriterade objekt .....</b>	<b>44</b>
<b>Bilaga 4.1 Prioriterade objekt 1-20, norra delen .....</b>	<b>45</b>
<b>Bilaga 4.2 Prioriterade objekt 1-20, södra delen .....</b>	<b>46</b>
<b>Bilaga 4.3 Prioriterade objekt 1-20, hela området .....</b>	<b>47</b>
<b>Bilaga 4.4 Prioriterade objekt 1-200, hela området .....</b>	<b>48</b>
<b>Bilaga 4.5 Prioriterade objekt 1-200, nära Munksjön .....</b>	<b>49</b>
<b>Bilaga 4.6 Prioriterade objekt 1-200, södra delen .....</b>	<b>50</b>
<b>Bilaga 4.7 Alla objekt, hela området .....</b>	<b>51</b>

## Sammanfattning

Under 1990-talet påbörjades Naturvårdsverkets arbete med att lösa problemet med förorenade områden. Som en del i detta arbete genomförs nu ett inventeringsarbete av landets länsstyrelser grundat på en metodik framtagen av Naturvårdsverket, Metodik för Inventering av Förorenade Områden (MIFO), rapport 4918 Naturvårdsverket 1999.

I Jönköpings län pågår inventeringen kommunvis och Jönköpings kommun var vid detta projekts start ännu inte påbörjad. I samband med en ansvarsutredning rörande undersökningar av Munksjön påbörjades inventering av de delar av Jönköpings kommun som ligger inom Tabergsåns avrinningsområde som mynnar i Vättern, via Munksjön.

Munksjön är belägen centralt i Jönköping. Ett flertal undersökningar visar att delar av Munksjöns vattenmiljö och botten är kraftigt störda och att Munksjöns vatten belastar Vättern. Runt sjön och i dess tillrinningsområde bedrivs eller har bedrivits verksamheter vilka påverkar eller har påverkat Munksjöns miljötillstånd.

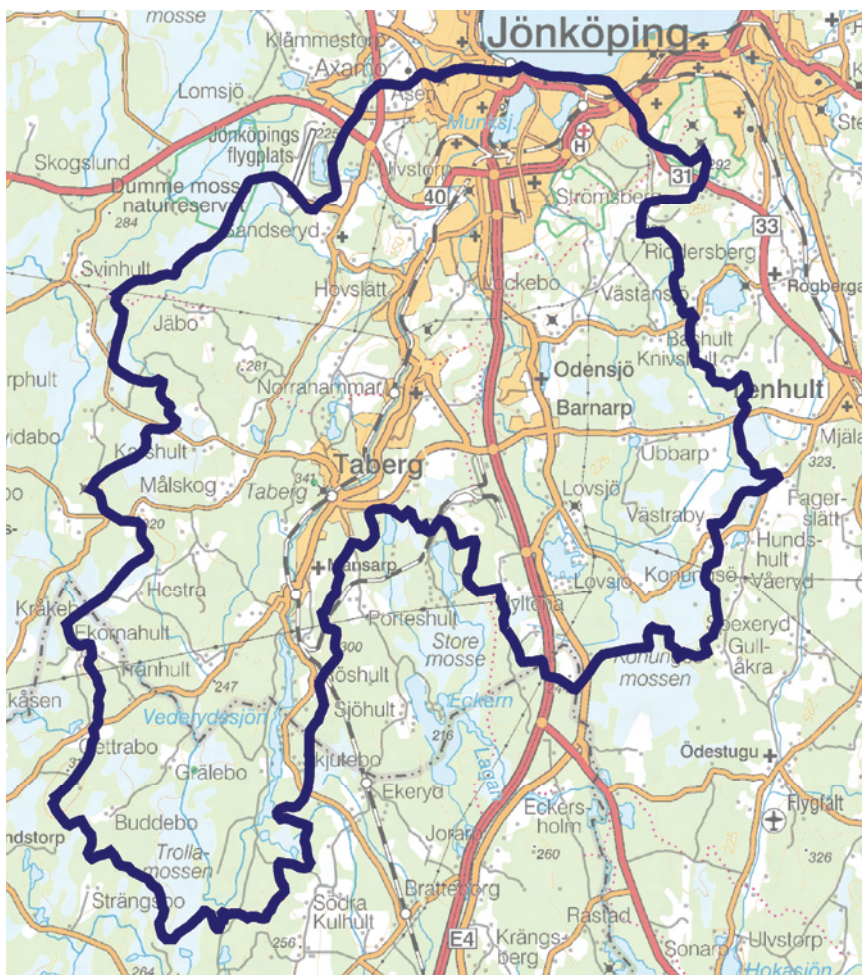
I sjön finns förorenade sediment bland annat i form av cirka 6 hektar (ha) fiberbankar från Munksjö pappersbruk. Sjön utnyttjas också som recipient för det kommunala reningsverket vid Simsholmen. Sedimenten i både fiberbanken och i övriga sediment innehåller höga halter av kvicksilver, andra tungmetaller, oljeföreningar och organiska ämnen som exempelvis PCB och dioxiner. Bottenvattnet är syrefritt stora delar av året. I Länsstyrelsens register över de mest angelägna förorenade områdena i länet har Munksjön placerats som nummer 1 och tillhör riskklass 1 enligt MIFO-metodiken.

Denna inventering visar att det finns och har funnits ett stort antal potentiellt förorenande verksamheter och områden i Munksjöns tillrinningsområde. Dessa verksamheter och områden har i denna inventering delats in i kategorierna 1-20, 21-50, 51-200 respektive över 201. Kategorierna visar var det aktuella området placerats i den prioriteringslista som upprättats. I den högsta kategorin finns bland annat Simsholmens reningsverk, Munksjö pappersbruk, Oljedepåområdet vid Munksjön, Tabergsgruvan, Knutssons Nickelindustri och Tabergs Yllefabrik.

Hur stor del av Munksjöns föroreningar dessa verksamheter och objekt enskilt eller tillsammans kan ha bidragit med går inte att avgöra enbart baserat på denna inventering. Inventeringen kan dock ses som en vägledning till vilken typ av föroreningar som de olika verksamhetstyperna kan ha orsakat.

## Bakgrund

Munksjön är belägen centralt i Jönköping. Ett flertal undersökningar visar att Munksjöns vattenmiljö är kraftigt störd och att Munksjöns vatten belastar Vättern (Länsstyrelsen i Jönköpings Län, 1994). Runt sjön och i dess tillrinningsområde bedrivs eller har bedrivits verksamheter vilka påverkar eller har påverkat Munksjöns miljötillstånd. I modern tid har sjön kommit att belastas av dagvatten från gator och andra hårdgjorda ytor samt av utsläpp från punktkällor. Även dagens utsläpp påverkar miljöförhållandena i Munksjön negativt, men de utgör dock endast en bråkdel av de utsläpp som påverkade Munksjön för ett halvt sekel sedan. Med Munksjöns tillrinningsområde avses Tabergsåns avrinningsområde. Det är detta avrinningsområde som omger Munksjön och mynnar i Vättern via en kort kanal mellan Munksjön och Vättern. I Tabergsåns avrinningsområde ingår förutom Tabergsåns och Munksjön bland annat även Lillån, Torsviksåns, Lovsjön, Kråkeboån och Rocksjön.



Karta 1. Tabergsåns avrinningsområde

I sjön finns förorenade sediment bland annat i form av cirka 6 hektar fiberbankar från Munksjö pappersbruk. Sjön utnyttjas också som recipient för det kommunala reningsverket vid Simsholmen. Sedimenten i både fiberbanken och i övriga sediment innehåller höga

halter av kvicksilver, andra tungmetaller, oljeföreningar och organiska ämnen som exempelvis PCB och dioxiner. Bottenvattnet är syrefritt stora delar av året (Länsstyrelsen i Jönköpings Län, 1994). I Länsstyrelsens register över de 30 mest angelägna förorenade områdena i länet har Munksjön placerats som nummer 1 och tillhör riskklass 1 enligt MIFO-metodiken.

Länsstyrelsen tog under hösten 2006 fram en ansvarsutredning rörande fiberbanken i Munksjön. Efter att man under våren 2007 fått in synpunkter på ansvarsutredningen har den omarbetats, bland annat på så sätt att den endast avser undersökningar och utredningar av föroreningssituationen i Munksjön och på så sätt att den inte bara omfattar fiberbankarna utan hela Munksjön (Länsstyrelsen i Jönköpings län, 2008-05-19).



## Syfte

Av de verksamheter som idag fortfarande bedrivs så har verksamheterna vid Munksjö pappersbruk och Jönköpings kommun (Simsholmens avloppsreningsverk) enligt Länsstyrelsens bedömning orsakat delar av de föroreningar som idag finns i Munksjön. Detta projekt har som syfte att kartlägga vilka övriga verksamheter och förorenade områden som finns och har funnits inom Tabergsåns avrinningsområde (där Munksjön ingår) och som därmed kan ha bidragit till föroreningsproblematiken i Munksjön.

## Genomförande och metodik

Projektet har omfattat både pågående och tidigare verksamheter samt kända och misstänkta förorenade områden (inklusive olyckor med mera). Arbetet har utförts av Martin Fransson och Camilla Johansson, Länsstyrelsen i Jönköpings Län.

## Ursprungliga frågeställningar

Huvudsyftet med projektet har varit att identifiera och inventera verksamheter som har eller har haft direktutsläpp till Munksjön eller till recipient som leder till Munksjön och som kan ha bidragit med en betydande del av föroreningarna i sjön. En av de viktigaste frågorna i projektet var hur den stora mängden objekt (verksamhet, förorenat område med mera) skulle prioriteras och hanteras. Antalet objekt såg vid projektets start ut enligt följande:

- Arbetsmaterial identifiering = 497 objekt
- MIFO-databasen = 65 objekt
- Miljöfarlig verksamhet = 193 objekt

Flera av objekten fanns både bland ”Miljöfarlig verksamhet” och ”Arbetsmaterial identifiering” och är därmed dubletter.

Ytterligare en frågeställning som behövde hanteras var hur resultatet skulle presenteras på bästa sätt. Det bedömdes viktigt att få en överskådlig bild av de olika potentiella förorenarna med avseende på deras läge och vilka förorenande ämnen de hanterat och om de bedöms ha orsakat förorening av Munksjön. Detta för att resultatet ska kunna ligga till grund för en eventuell kommande ansvarsutredning gällande sanering och återställning av Munksjön.

## Arbetsgång

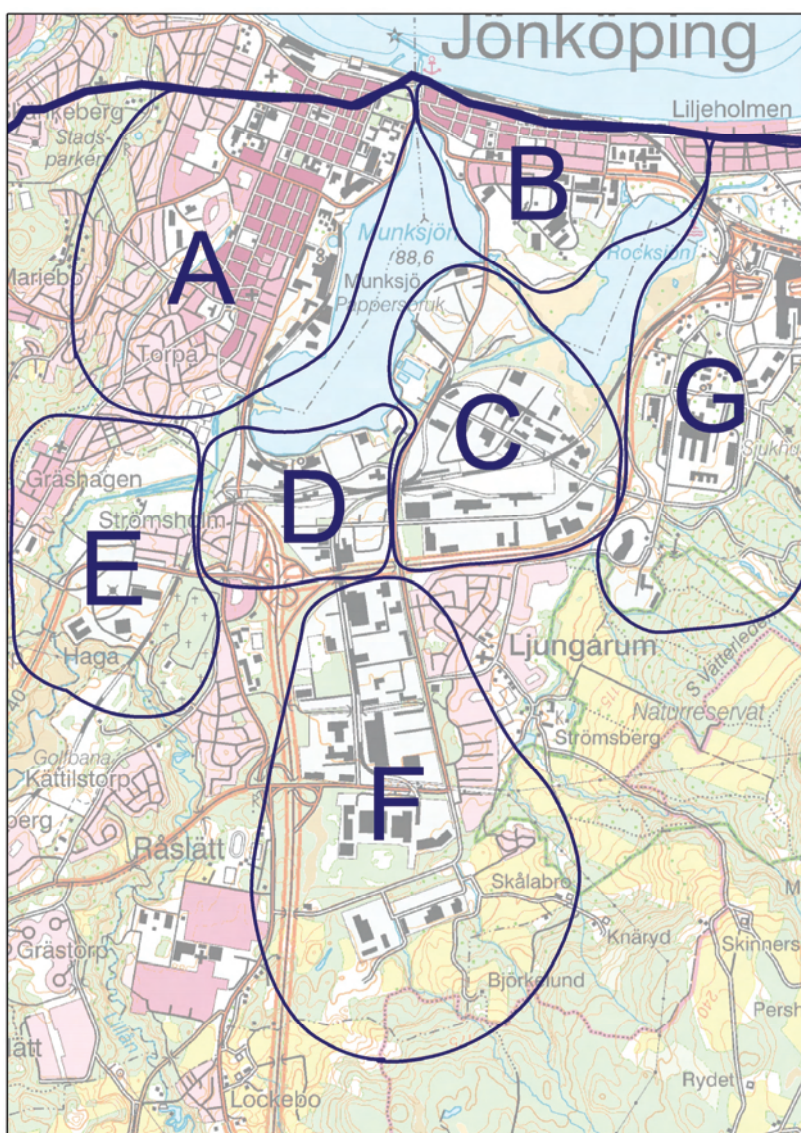
### Urval

Till att börja med delades objekten kring Munksjön upp i olika delområden och inom varje sådant delområde prioriterades de mest intressanta objekten. Mer djupgående informationssökning utfördes för de verksamheter som bedömdes ha störst möjlighet att påverka föroreningsbilden i Munksjön. Detta gäller både pågående och nedlagda verksamheter. Eftersom Munksjö pappersbruk och Simsholmens avloppsreningsverk redan är identifierade som bidragande till föroreningssituationen i Munksjön och Munksjö AB och Jönköpings kommun har inlett ett gemensamt arbete för att få till stånd undersökning och utredningar i Munksjön har dessa verksamheter inte inventerats närmare i detta projekt. Det material som presenteras om dessa verksamheter i denna rapport är hämtat från tidigare utredningar.

## OMRÅDESINDELNING

Verksamheterna delades geografiskt in i olika områden, för att underlätta hanteringen. De olika delområdena var (se karta 2):

- A: Munksjöns västra strand och västerut
- B: Det norra området mellan Munksjön, Rocksjön och Vättern
- C: Området mellan Munksjön, Rocksjön, Herkulesvägen och E4
- D: Munksjöns södra strand och söderut till E4
- E: Haga industriområde och området där omkring
- F: Ljungarums industriområde
- G: Området kring A6 och Ryhov
- Övriga verksamheter och områden, till exempel Torsvik, Taberg, Norrahammar med mera.



Karta 2. Områdesvis indelning av verksamheterna närmast Munksjön, ungefärlig indelning

## **GALLRING OCH PRIORITERING**

För att kunna söka information om de mest prioriterade verksamheterna i första hand gjordes gallring och prioritering av de objekt som hittats i de olika källorna.

Gallringen gjordes dels utifrån bransch eller typ av verksamhet och dels utifrån avståndet till Munksjön eller recipient som leder till Munksjön. I första hand prioriterades områden nära Munksjön med konstaterade föroreningar och verksamheter som hanterar eller har hanterat de ämnen som utgör de största problemen i Munksjön, till exempel oljeprodukter, kvicksilver och dioxiner. Nästa steg var att fortsätta uppströms i avrinningsområdet med samma typ av prioritering baserat på hanterade ämnen och avstånd till recipient. Eftersom prioriteringen gjorts enbart utifrån Munksjöproblematiken kan områden med stor potentiell risk för förorening ha prioriterats ned om de ligger långt från Munksjön eller om de har hanterat ämnen som inte utgör ett problem i Munksjön. Prioriteringslistan ska därför inte rakt av ses som en grund för fortsatt inventering av förorenade områden inom Jönköpings kommun.

## **Informationssökning**

Ursprungsplanen var att pågående prioriterade verksamheter skulle föreläggas av respektive tillsynsmyndighet (Länsstyrelsen / Miljökontoret Jönköping) att inventera sin egen verksamhet. Detta alternativ lades på is på grund av att förelägganden skulle sammanfalla med semestrar och på grund av att det inte fanns tillräckliga resurser för att hantera uppgiften. Istället lades mer tid på att prioritera och rangordna verksamheter och förorenade områden så att det inom projektet kunde utföras inventering av de mest prioriterade objekten.

## **INVENTERADE OBJEKT**

Den inventering som gjorts av prioriterade objekt inom ramen för detta projekt är förenklad jämfört med en fullständig MIFO fas 1 eftersom det inte funnits tid eller resurser för att kunna utföra fullständig inventering av framförallt pågående verksamheter. En stor del av informationen kommer från intervjuer med tillsynshandläggare för de aktuella verksamheterna.

## **IDENTIFIERADE OBJEKT**

För de objekt som endast identifierats har översiktlig information samlats om branschtyp, möjliga föroreningar, närhet till recipient samt övrig information som fanns bland bakgrundsmaterialet. Bland den övriga informationen kan till exempel finnas anteckningar från tillsyn.

## Källor

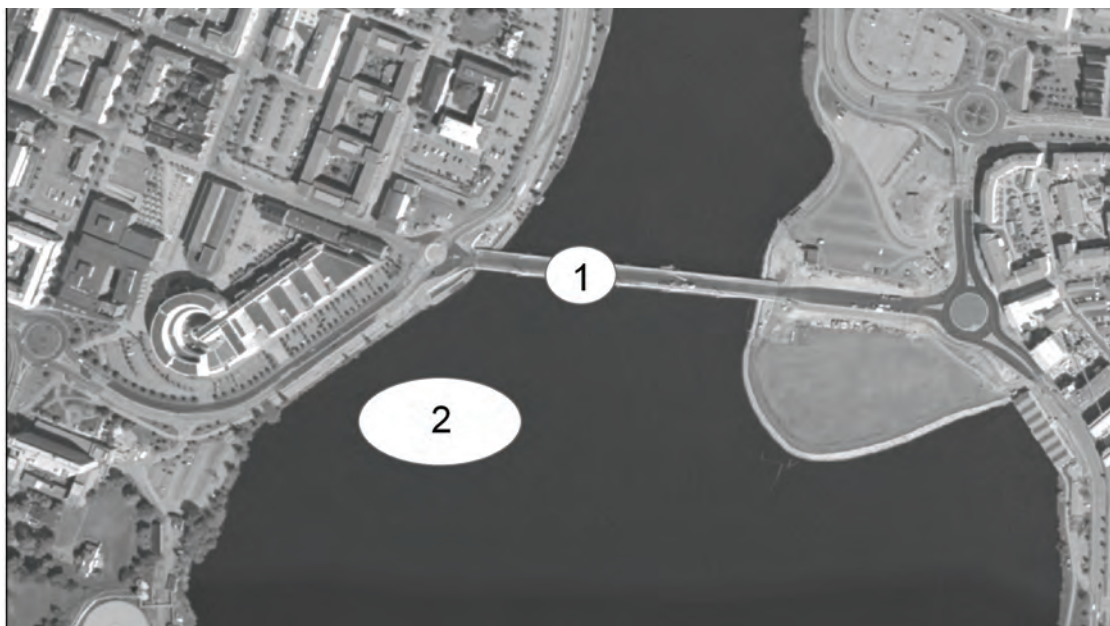
Vid informationssökning i detta projekt och tidigare utfört inventerings- och identifieringsarbete har följande källor använts:

- Länsstyrelsens MIFO-databas
- Utdrag ur CEMIR (Emissionsdatabas)
- Dossierförteckning Länsstyrelsen
- Lista över pågående miljöfarliga verksamheter (A-, B-, C-anläggningar)
- Kulturhistorisk industriinventering
- Verksamhetsregister Jönköpings kommun
- Jönköpings stadsarkiv
- Rikstelefonkataloger 1935, 1965
- Ekonomiska kartan 1950-tal, Jönköpings stadsplaner från 1887, övriga kartor
- Muntliga källor

## Provtagning

För att lättare kunna prioritera bland verksamheterna kring Munksjön gjordes en sedimentprovtagning för att kunna få ledtrådar till vilken typ av oljeförorening som finns i sedimenten. Om det skulle ha rört sig om fraktioner av drivmedelstyp hade mer tid kunnat läggas på bensinstationer. Om det däremot hade rört sig om tyngre petroleumprodukter, till exempel tjärprodukter, hade arbetet kunnat prioriteras utifrån det.

Den 16 juni 2008 utfördes provtagning av ytsediment av Måns Lindell från Vätternvårdsförbundet samt Martin Fransson och Anders Åhlund från Länsstyrelsen i Jönköpings län. Provtagningen utfördes från roddbåt med en bottenhuggare. Prover togs på två ställen i Munksjöns norra del; dels under Munksjöbron (i närheten av där sedimentprover uttogs i samband med brobygget) och dels utanför nuvarande Tekniska Högskolan (se karta 3).



Karta 3. Ungefärliga lägen för sedimentprovtagningen i Munksjön. Område 1 under bron, område 2 längre söderut.

De sediment som togs upp hade en mer eller mindre tydlig doft av petroleumprodukter, men var inte lika kraftigt oljeliknande som de prover som togs upp inför bygget av Munksjöbron år 2002 (Måns Lindell, muntligen). Detta kan bero på att de tidigare proverna togs upp som cirka 1 meter långa sedimentproppar med hjälp av dykare, vilket medför att man kunnat nå djupare ner i sedimenten. De prover som togs den 16 juni 2008 var ytligare och en skillnad i oljeinnehåll skulle kunna tyda på att de oljeföroreningar som finns främst är av äldre ursprung.



*Bild 1. Provtagning av sediment i Munksjön*

Ett av proverna från den 16 juni 2008 skickades för analys på Analytica AB i Karlstad. Det prov som skickades kom från område 2 (se karta 3) eftersom det hade en tydligare oljeliknande lukt.

## Resultat

Denna inventering visar att det finns och har funnits ett stort antal potentiellt förorenande verksamheter och områden i Tabergsåns avrinningsområde. Resultatet av inventeringen presenteras dels utifrån de aktuella föroreningarna och dels utifrån prioriterade verksamheter och förorenade områden. Hur stor del av Munksjöns föroreningar dessa verksamheter och objekt enskilt eller tillsammans kan ha bidragit med går dock inte att avgöra enbart baserat på denna inventering.

## Potentiella källor till aktuella föroreningar – översikt

### Kvicksilver

För kvicksilver finns en del tänkbara verksamheter och områden som kan ha bidragit till föroreningssituationen i Munksjön. Simsholmens avloppsreningsverk och Munksjö pappersbruk har tidigare pekats ut. Termosfabriken Termoverken har nämnts som en möjlig källa (MiljöManagement Svenska AB, 2008). Förutom dessa verksamheter kan kvicksilver ha sitt ursprung från betning (och eventuellt deponering) av utsäde, Kålgårdsområdet (olika ursprung för kvicksilver, bland annat en termosfabrik), möjligen Södra reningsverket, neontillverkning, massa- och pappersindustri och träsliperier.

Betning med kvicksilver har bland annat förekommit på fastigheten Ödlan 19 (tidigare beteckning Ödlan 7) där Stålkompagniet finns idag. Man betade som mest 1000 ton säd/år med kvicksilver (verksamheten bedrevs av Lantmännen) vid Munksjöns södra del. Rapport från undersökning (VBB Viak, 1998) finns.

I prioriteringslistan finns branscherna sjuk-/dentalvård uppsatta som en egen post eftersom de kan vara en bidragande källa till kvicksilverföroreningarna i Munksjön.

Kvicksilverutsläppen från dessa branscher har under lång tid gått till kommunens avloppsreningsverk men amalgam har använts i cirka 150 år och det bör därför ha kunnat ske utsläpp av kvicksilver under perioden innan några reningsverk togs i bruk.

Övriga potentiella källor till kvicksilver kan vara elbrytare, regulatorer vid stora pannor och reningsverk som haft kvicksilver i sina tidiga biologiska dammar för att spridarna skulle vara horisontala enligt Siv Hansson på Länsstyrelsen i Västra Götalands län. Till exempel hade man i badhuset i Lilla Edet (mycket litet badhus) 15 kg kvicksilver i sina regulatorer till pannan. Man har i Västra Götaland vid undersökning av en textilindustri också stött på kvicksilver i marken där panncentralen varit.

Ytterligare kvicksilverkällor kan vara laboratorier (till exempel vid metallindustrier) och bilskrotor (det fanns tidigare bland annat kvicksilver i motorrumsbelysningen, i vippbrytare till motorhuven) samt atmosfärisk deposition.

En screening av miljögifter i Munksjön visar på halter av kvicksilver i vatten både i inloppet och i utloppet.

## Övriga tungmetaller

Det finns ett flertal tänkbara källor till tungmetallföroreningar kring Munksjön och längs tillflödena. En del av dem är redan sanerade i olika omfattning men det kan inte uteslutas att stora mängder tungmetaller kan ha läckt ut innan saneringsåtgärderna genomfördes. Det finns även diffusa källor som dagvatten och avrinning från gator och vägar. Även vissa branscher som helhet skulle kunna ses som diffusa källor om inte enskilda anläggningar kan pekas ut, till exempel branschen ytbehandling. Här följer några potentiella källor till tungmetallföroreningar. För mer information om varje verksamhet, se kapitlet ”Slutlig prioriteringslista”.

I området närmast Munksjön finns bland annat Kålgårdsområdet och gamla gasverkstomten. Båda områdena har delvis sanerats efter att föroreningar i form av bland annat tungmetaller konstaterats. Eftersom bägge områdena ligger nära Munksjön kan läckage av föroreningar till sjön antas ha skett. Det före detta acetylgasverket på fastigheten Ödlan 4 vid nuvarande AGA Gas skulle kunna vara en källa till krom, eftersom kromsyra historiskt sett använts vid gasframställning för rening av gasen. Cirka 1 ton kromsyra användes per år. Kromsyra (i fast form) lagrades i små fat utan invallning, nära golvbrunn. Denna process byttes senare ut.

Längs Munksjöns tillflöden finns bland annat Tabergsgruvan, som är en av de troliga enskilda källorna till tungmetallföroreningar. Malmbrytning och slagghögar ger förutsättningar för läckage till Tabergsån då gruvan ligger nära ån. Längs Tabergsån finns även Knutssons Nickelindustri (före detta Britanniafabriken) och Syraslamgropen som andra möjliga föroreningskällor. Det deponerade syraslammet innehöll bland annat bly, zink, kolväten och PCB och vid Knutssons Nickelindustri var marken och grundvattnet förorenat av tungmetaller, olja och klorerade kolväten. Även Tabergs Yllefabrik och före detta (före detta) Norrahammars Bruk ligger precis vid Tabergsån. Tabergs Yllefabrik är ett före detta färgeri och spinneri, där färgeriet byggdes ovanpå ån. I spinneriet besprutades fibrerna med oljeemulsion. Misstänkta föroreningar är bland annat tungmetaller, organiska föroreningar och olja. Före detta Norrahammars Bruk hade en lång verksamhetstid med bland annat gjuteri. Möjlighet till föroreningar och läckage till Tabergsån kan därför inte uteslutas. På fastigheten finns även en bensinstation som ska saneras och utsläpp av olja har förekommit från oljeavskiljare.

En screening av miljögifter i Munksjön visar på hög halt bly i inloppet.

## PCB

För PCB har väldigt få enskilda källor identifierats. En stor del av tillskottet till Munksjön kommer antagligen från diffusa källor. I ”Undersökningar i Vätterns tillflöden inom Jönköpings län 2004” anges att i Munksjön finns för PCB mönster vad gäller congensammansättning som tyder på lokal källa. En känd enskild källa är Syraslamgropen där PCB-föroreningar fanns och fortfarande finns. Syraslamgropen har delvis åtgärdats, det



är dock osäkert hur stora mängder föroreningar som läckt ut innan saneringen. Vid markundersökningarna på Kålgårdsområdet så har ingen PCB återfunnits i marken.

## Olja

Runt Munksjön finns flera tänkbara källor till oljeföroreningar. Fastigheterna kring Jönköpings Mekaniska Verkstad var till exempel kraftigt oljeförorenade. En del av dessa föroreningar togs bort i samband med bygget av högskolan. Hur mycket som läckt till Munksjön innan sanering är oklart och det finns fortfarande föroreningar kvar på platsen. Oljedepåområdet är en stark kandidat vad gäller oljeföroreningar av drivmedelstyp. En oljeavskiljare på en dagvattenledning i området slamsugs på oljehaltigt vatten på regelbunden basis enligt Kjell Wihlborg på Jönköpings kommun. Möjligen kan Syraslamgropen och Skandinaviska oljecentralen vara eller ha varit bidragande till oljeföroreningarna i Munksjön. Verksamheten vid Munksjö pappersbruk bestod tidigare bland annat av tjärdränkeri, tjärkokeri och tjärcisterner. Eventuellt kan både petroleumföroreningar och andra organiska föroreningar ha uppstått vid dessa verksamheter.

En annan möjlig källa till oljeföroreningar är branschen drivmedelshandling som helhet. Vid flera av bensinstationerna runt Munksjön finns eller har funnits brister, till exempel avsaknad av oljeavskiljare för biltvätt. Även bilskrotor runt Munksjön skulle kunna vara en bidragande orsak till de oljeföroreningar som finns. Som nämnts i stycket om tungmetaller har oljeutsläpp skett vid före detta Norrahammars Bruk och eventuellt vid Tabergs Yllefabrik där fibrer besprutades med oljeemulsion i spinneriet. Dessutom hade textilindustrier generellt ofta väldigt stora pannrum och kan därför ha använt och förvarat stora mängder olja.

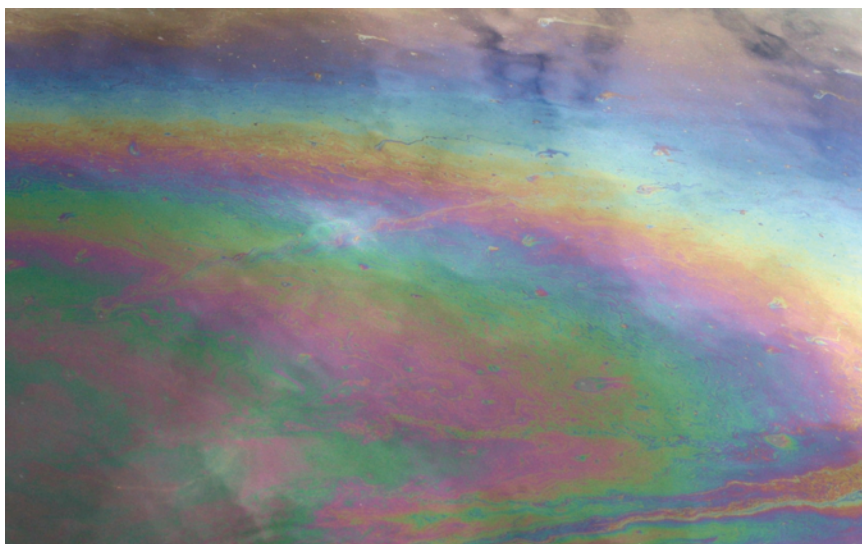


Bild 2. Oljefilm på vattenyta (bilden föreställer inte Munksjön)

Analysen av fraktionerade alifater och aromater i det sedimentprov som togs i Munksjön den 16 juni 2008 visade en hög halt i fraktionen "Alifater >C16-C35" (520 mg/l). Problemet är att i denna fraktion återfinns både tyngre oljor som smörjoljor och eldningsolja samt naturliga humusämnen. För att bättre kunna avgöra om provet innehåller tyngre oljor gjordes en så kallad oljetypning, vilket innebär en förjupad tolkning av de kromatogram

som kommer ut av analysen. Enligt de första uppgifterna från labbet syntes flera distinkta toppar som skulle kunna indikera tyngre oljor. (se Bilaga 2 och 3, kromatogram respektive analysprotokoll). Oljetypningen visade att ingen petroleumprodukt fanns i sedimentprovet men troligen någon slags fett då man fått utslag på diverse karboxylsyror. Vid tillverkning av pappersmassa enligt sulfatprocessen bildas svartlut som utgörs av de förbrukade kokkemikalierna samt från veden utlöst vedsubstans. Bottensedimenten i delar av Munksjön liknar till viss del svartlut rent utseendemässigt. Någon närmare efterforskning angående sedimentens likheter med svartlut har inte utförts i arbetet med denna inventering, men det är något som bör följas upp.

## Övriga organiska föroreningar

Inom Oljedepåområdet har bland annat blandning av träskyddsolja förekommit. De ämnen som då hanterades var bland annat lindan och pentaklorfenol (som kan ha föroreningar i form av dioxiner). Blandning av träskyddsolja förekom inom Oljedepåområdet (se separat kapitel). Pentaklorfenol blandades i eldningsolja klass 3 till en träskyddsprodukt som kallades BP Hylosan och kördes med lastbilar. Enligt Kjell Färnkvist på Naturvårdsverket har det framkommit uppgifter i ett pentaklorfenolprojekt om att impregneringsmedlet BP Hylosan innehöll ganska mycket dioxin. Enligt MiljöManagement Svenska AB finns undersökningar som tyder på att furaner och dioxiner främst tycks härröra från Simsholmens avloppsreningsverk.

I en screening av miljögifter som gjorts i Munksjön påvisas höga halter av bland annat polyaromatiska kolväten (PAH, i detta fall antracen och naftalen) i Munksjöns inlopp. Detta tyder på källor uppströms. Vidare har till exempel ftalater, nonylfenol, pentaklorbensen, dioxiner med flera föroreningar påträffats i Munksjön.

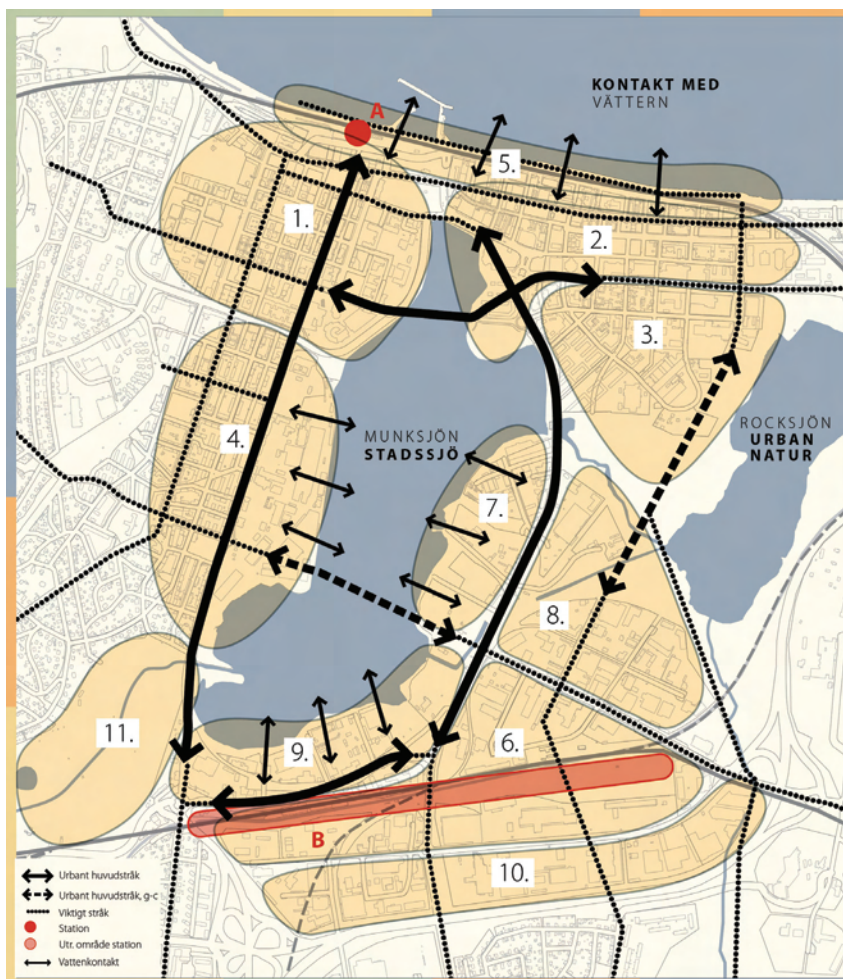
Ftalater, till exempel dibutylftalat fanns i de färger som användes vid textilindustrier, till exempel Tabergs Yllefabrik.

Nonylfenoletoxylater användes i textilindustrier som tvättmedel och som dispergeringsmedel i färger. Nonylfenoletoxylater som hamnar i avloppsvatten eller miljön bryts ned till nonylfenol som är svårnedbrytbart och giftigt för vattenlevande organismer och har hormonella effekter (TEKOWikin).

Klorerade aromater, diklortoluol och klorbensener (1-1-triklorbensen) användes vid textilindustrier som bärare (carriers) vid färgning. Triklorbensen har tidigare använts som insekticid. Lindan, som fortfarande används som insekticid i vissa länder, metaboliseras till flera klorbensenföreningar, däribland pentaklorbensen och triklorbensen (Esbjörnsson, 2002). Pentaklorfenol-laurat användes ibland som mögelskydd, till exempel när man tillverkade textilier åt militären. Det användes som mögel- och rötskydd på presenningar, tält och liknande. Det fanns ofta klorerade dioxiner med i denna process. Dioxinföroreningarna i Munksjön skulle därför till viss del kunna bero på utsläpp från textilindustrin.

## Förorenade markområden i Stadsbyggnadsvision 2.0

Parallellt med denna utredning har även en inventering av förorenade markområden närmast Munksjön utförts vilka finns sammanställda i rapporten: Kartläggning av förorenade områden inom Stadsbyggnadsvision 2.0 område 4 samt 6-11, Jönköping kommun, 2008-10-07. Resultatet av ovan nämnda inventering har även inarbetats i denna rapport.



Karta 4. Områdesindelning enligt Stadsbyggnadsvisionens spelplan (Jönköpings kommun, 2008, s. 22-23)

Inventeringen syftade till att skapa en bättre bild av markmiljöförhållanden i de områden som ska exploateras i Jönköping stad. Rapporten redovisar vilka miljöstörande branscher som verkat, om föroreningar kan finnas eller har återfunnits och om sanering har skett på platsen. Resultatet presenteras områdesvis med klassningar baserade på verksamhetstid, variation och antal av miljöfarliga verksamheter, konstaterad förorening, spridningsrisk samt branschprocesser.

Det som går att finna i utvecklingsområdet idag eller historiskt är bland annat deponimark, utfyllnadsmassor, oljedepåer, tillverkning av bekämpningsmedel, pappersbruk, verkstadsindustrier, drivmedelshantering, speditorsverksamhet, träindustrier,

metallindustrier, flygfält, reningsverk, träupplag, snickerier, sädmagasin, slakteri, bilskrot, fotografisk verksamhet och betongindustri.

Den mesta industriella miljöfarliga verksamheten med misstänkt eller bevisad påverkan på mark och vatten finns i område 7 (Simsholmen) och 9 (söder om Munksjön) samt område 4 (södra Munksjötomten), enligt karta 4. Område 4, 7 och 9 har nyttjats för industriella ändamål under längre tid, främst före 1900-talet. Område 7 är mer påverkat än 4 och 9. De områden med deponipåverkad mark är norra område 8 (mellan Rocksjön-Munksjön-gamla flygfältet-Rocksjöån) samt område 11.

Oljeföroreningar och höga halter av cancerogena PAH:er är ett återkommande problem i marken runt Munksjön. Även metaller har återfunnits på flera fastigheter trots att verksamheter med metaller i processerna inte har verkat på fastigheten. Det finns få undersökningar med avseende på klorfenoler, klorerade kolväten, dioxiner och PCB, vilket misstänks förekomma i vissa områden.

## Slutlig prioritering

Resultatet av den slutliga prioriteringen av verksamheter och förorenade områden inom Tabergsåns avrinningsområde redovisas i form av en lista, Bilaga 1.

Viktigt att notera är att det i prioriteringslistan inte finns någon inbördes rangordning inom de olika intervallen, det vill säga ordningen inom varje kategori (1-20, 21-50, 51-200 och 201-) är **inte** relaterad till hur stort föroreningsbidrag respektive verksamhet eller förorenat område bidragit med. Underlag för att bedöma den typen av detaljer finns inte. En verksamhet på plats 3 behöver alltså inte vara mer intressant ur föroreningssynpunkt än en verksamhet på plats 10. Indelningen är endast en bedömning som gjorts inom detta projekt och behöver inte återspegla det verkliga bidraget till föroreningssituationen i Munksjön.

Bland de objekt som placerats högt upp (kategorierna 1-20 och 21-50) i prioriteringslistan finns sådana verksamheter där en inventering enligt MIFO Fas 1 utförs i ett separat tillsynsprojekt. Dessa verksamheter har inte inventerats närmare i detta projekt och vilken kategori de hamnar i kan därför komma att ändras utifrån resultatet av den inventering som görs av deras verksamhet. Bland de lägre prioriterade objekten finns det många objekt där arkivsökning och intervjuer inte gjorts utan prioriteringen är enbart grundad på typ av verksamhet och avstånd till recipient.

## Beskrivning av objekten 1-20

Här följer en kort redogörelse för de verksamheter och förorenade områden som placerats inom kategorin 1-20 i prioriteringslistan. Objektens lokalisering redovisas på kartor i bilagorna 4.1-4.3.

### Munksjö pappersbruk

Munksjö pappersbruk etablerades i Jönköping i mitten av 1800-talet. Fram till början av 1960-talet släppte Munksjö pappersbruk ut allt sitt processavloppsvatten orenat direkt i Munksjön. År 1962 installerade bruket en intern reningsanläggning som reducerade utsläppen av suspenderande ämnen med cirka 50-70 procent. År 1970 lät pappersbruket uppföra en flytande fiberavsättningsbassäng ute i Munksjön för att ytterligare reducera utsläppen av suspenderande ämnen. Anläggningen sjönk dock efter fyra års drift, varför s.k. wacofilter åter fick tas i bruk. En landbaserad sedimentationsbassäng stod färdig för att tas i drift år 1975. Bassängen rymmer 12 600 m<sup>3</sup> processavloppsvatten och bedömdes under dåvarande processförhållanden reducera utsläppen av suspenderande ämnen med cirka 90 procent. Anläggningen är placerad invid Munksjöns nordvästra strand och används än idag för rening av utgående processavloppsvatten från Munksjö Paper AB och SCA Hygiene Products AB. SCA Hygiene Products AB kommer inte att behandlas närmare i denna rapport eftersom det fram till 2005 tillhörde Smurfit Munksjö Hygien AB, en del av Munksjökoncernen.

Det renade processavloppsvattnet från pappersbruket sammanblandas med renat avloppsvatten från Simsholmens avloppsreningsverk och överförs till en värmepumpanläggning för nedkylning/värmeuttag innan det via en gemensam utsläppstub förs ut till Munksjön på cirka 15 meters djup på västra stranden.

Utsläpp av fiberhaltigt processavloppsvatten från Munksjö pappersbruk har gett upphov till en fiberbank som täcker ett cirka 60 000 m<sup>2</sup> stort område i den nordvästra delen av sjön. Den totala volymen fiber har beräknats till cirka 1 miljon m<sup>3</sup>. Vattenhalten är hög i fiberbanken, vilket leder till att materialet är löst och har en densitet nära vatten. Fiberbanken består fortfarande till stora delar av ej nedbrutet fibermaterial. Fibermaterialet förekommer från någon meters djup ner till maximalt registrerat djup på 21 meter. I fiberbanken finns föroreningar av bland annat kvicksilver.

Användningen av fenyلكvicksilver som slembekämpnings- och konserveringsmedel av våt pappersmassa förbjöds den 1 januari 1966 respektive den 1 oktober 1967. Fenyلكvicksilver användes dels som slembekämpningsmedel för att förhindra påväxt av alger i ledningsnät och på processutrustningen vid cellulosatillverkning, och dels för impregnering (konservering) av pappersmassa. Merparten av det fenyلكvicksilveracetat som användes till impregnering av den våta pappersmassan följde med pappersmassan, medan 10-20 procent av preparatet släpptes ut med processavloppsvattnet. Vanligtvis finns en stor del av kvicksilvret kvar knuten till den cellulosa fiber som deponerats på sjö- eller havsbotten.

Enligt uppgift av Munksjö Sweden AB använde Munksjö bruk endast egen slipmassa från Timsfors och sulfitmassa från den egna sulfitfabriken. Enligt uppgift konserverades inte slipmassa från Timsfors som skulle användas vid Munksjö bruk eftersom den alltid måste användas omgående för att erhålla rätt pappersegenskaper. Inte heller bedöms den egna sulfitmassan varit konserverad med kvicksilverpreparat. ÅF-Process har inte heller kunnat finna någon dokumentation eller annan bekräftelse på att de slembekämpningsmedel som enligt uppgift användes vid Munksjö bruk var baserade på kvicksilver. ÅF-Process anger dock att det inte kan uteslutas att så var fallet. Den tidsperiod som kan vara aktuell är i så fall från cirka 1945 då dessa typer av medel började få en användning till dess Munksjö bruk upphörde med användning av fenyلكvicksilveracetat i början av 1960-talet (ÅF-Process, 2007).

Den metod som användes vid pappersbruket för att tillverka kokvätska var fullständig och ingen kisaska genererades. Restprodukten från processen (där kalksten, vatten och svavelgas utnyttjades) kallades brunlut. I processerna har vidare varken björk- eller tallolja använts (Sweco Viak, 2008).

På den del av Munksjöområdet som ligger söder om Bygatan har inget papperstillverkning skett, utan enbart konverteringsverksamhet (förädling av tillverkat papper) samt olika sidoverksamheter till bolagets papperstillverkning. De första byggnaderna som uppfördes inom området användes som metallgjuteri och för tillverkning av isoleringspapp, takpapp och tjärpapp (tjärdränkeri, tjärkokeri och tjärcesterner). Inom området har även legat en kalkförbränningsugn med tillhörande kalkupplag, kollager, oljeskjul, förråd för farligt avfall samt en vattenreservoar. Förråd av olika slag har också varit belägna inom området. I södra delen av området finns även två oljecisterner på sammanlagt 10 000m<sup>3</sup> eldningsolja (Sweco Viak, 2008).

En större del av den sydöstra delen av verksamhetsområdet är utfylld sedan Munksjö pappersbruk startade sin verksamhet 1862 (öster om järnvägen). Utfyllnaden består främst av byggnadsmaterial och rester från tillverkningen (mesa, lump m.m.). det kan inte uteslutas att det har tippats avfall i form av färg- och lösningsmedelsrester.

Mer utförlig historisk information om delar av verksamhetsområdet finns i den inventering av Södra Munksjöområdet som utförts av Sweco Viak 2008-01-25 på uppdrag av Tolust Estate AB och Munksjö Sweden AB. Södra Munksjöområdet har även undersökts av Sweco Viak, se Länsstyrelsens diarienummer 575-1462-08.

## Simsholmens avloppsreningsverk

Jönköpings kommuns avloppsreningsverk heter Simsholmen och ligger på fastigheten Överskottet 1. År 1964 fick Jönköpings stad tillstånd att till Munksjön från reningsverket Simsholmen avleda kloakvatten och annat industriellt avloppsvatten än från Munksjö pappersbruk. År 1971 lämnades tillstånd åt Jönköpings kommun att släppa ut avloppsvatten i Munksjön från Jönköpings tätort med flera samhällen efter behandling av avloppsvattnet i ett avloppsreningsverk på Simsholmen.

Simsholmens avloppsreningsverk togs i drift år 1968 och ersatte då Södra reningsverket. Anledningen till att Simsholmen byggdes var att den kommunala avloppsrening som fanns innan bedömdes vara otillräcklig. I äldre tider fungerade stadens kanaler som avloppsledningar ut till Munksjön och avloppsreningen bestod i att man rensade dessa stinkande diken en gång om året.

Simsholmens avloppsreningsverk och tidigare reningsverk runt Munksjön har troligen bidragit till förekommande sediment och dess innehåll av metaller och organiska ämnen. Från avloppsreningsverket har det skett utsläpp av främst kväve, fosfor, suspenderande ämnen men även av metaller och organiska ämnen som inte är behandlingsbara i reningsverket. Till avloppsreningsverket är såväl hushållsavloppsvatten som industriellt avloppsvatten anslutet. Avloppsvatten från Simsholmen och utgående avloppsvatten från pappersbrukets sedimentationsbassäng sammanförs via Jönköpings kommuns värmeväxlare innan det släpps ut i Munksjön. Vid vissa tillfällen, särskilt sommartid, förs avloppsvatten från Simsholmens avloppsreningsverk ut direkt i Munksjön via den gamla utsläppstuben vid östra stranden.

De föroreningar, till exempel kvicksilver, som släppts ut av reningsverket och därefter hamnat i Munksjön kan ses som föroreningar från reningsverket även om ursprunget är andra verksamheter. Eftersom de faktiska utsläppen skett från Simsholmens avloppsreningsverk kan Jönköpings kommun ses som verksamhetsutövare. En jämförelse kan göras med de förorenade sedimenten i Viskan i Västra Götalands län, där Borås Stad ses som verksamhetsutövare och därmed delansvarig för föroreningarna i och med utsläppen från kommunens reningsverk Gässlösa.

## Kålgårdsområdet

Kålgårdsområdet är ett större område mellan Munksjön och Rocksjön i centrala Jönköping. Här har funnits diverse industrier, bland annat har det legat ett gammalt gjuteri i

Fortunakvarteret - Kålgårdsgatan och det har deponerats förorenade fyllnadsmassor inom området. Det ska även ha funnits en termosfabrik, Junetermos, där kvicksilver hanterades under en kortare period. Vid en markundersökning år 2004 efter rivning av Fortunagymnasiet återfanns kvicksilver i marken.

Jönköpings första varmbadhus öppnade år 1836 vid före detta Badhusgatan (kvarteret Eldslandet) men byggdes om till bostadshus år 1897 efter inköp av Jönköpings Träförädlings AB för fabriksändamål. Badhuset hade redan i början av sin verksamhetstid (1830-talet) problem med det smutsiga vattnet i Munksjön, som nyttjades för verksamheten. Vattnet filtrerades men filtret fick tömmas ofta (Bad och Badhus i Jönköping, 1981).

På Kålgården 1:2 fanns Jönköpings Ytbehandlings AB från 1950-talet fram till 1993. Vid undersökning av Kålgården 1:2 återfanns mycket höga halter av krom, nickel och zink i grundvattnet.

Kålgårdsområdet är undersökt och delvis sanerat i samband med bostadsbyggnation. Generellt ligger de organiska ämnena enligt utförda undersökningar något djupare ned i marken än vad metallerna gör och tillståndet med avseende på de organiska ämnena är allvarigare än för metallerna. Konstaterade föroreningar är polyaromatiska kolväten (PAH:er), olja och tungmetaller (främst bly och koppar). Cancerogena PAH:er återfinns i markens torvlager även efter sanering.

Områdets storlek och närhet till Munksjön gör att det bör ha kunnat laka ut föroreningar i betydande omfattning.

## Oljedepåområdet vid Munksjön



Karta 5a och 5b – Ungefärlig utbredning av oljedepåområdet vid Munksjön, fastigheter och verksamheter.

Ett område vid Munksjöns strand omfattande flera av fastigheterna i kvarteren Örnklon och Örten, se karta 5a och 5b. Området har använts för framställning av bekämpningsmedel och oljedepåverksamhet och används fortfarande för hantering av petroleumprodukter. Olja har hanterats från 1940-talet. Ett flertal verksamhetsutövare finns och har funnits inom området, se nedanstående verksamhetsbeskrivningar.





Bild 3. Del av oljedepåområdet

Enligt uppgifter från Kjell Wihlborg på Jönköpings kommun finns en dagvattenledning vid oljedepåområdet, längs Norsuddsgatan (se karta 5a), där man regelbundet måste slamsuga och omhänderta oljehaltigt vatten från en oljeavskiljare. Denna ledning mynnar i Munksjön och den olja som inte sugs upp borde kunna hamna i Munksjön.



Bild 4. Dagvattenbrunn vid oljedepåområdet

Oljedepåområdet har till viss del undersökts. I rapporten ”Mark- och grundvattenundersökningar i kvarteren: Örten, Örnklon och Örnungen inom Jönköpings kommun” (Svelab 1997) framgår bland annat att det inom området finns delar som historiskt delvis utnyttjats som soptipp. Det rör sig främst om de östra delarna, mot Herkulesvägen och främst områden inom Örnklon och Stånggatan. Inom områdets västra delar, mot sjön, finns till stor del fyllnadsmassor. Generellt förekom det mycket höga oljehalter i hela området. I 3 av 29 provtagningspunkter påträffades även metallhalter som överskrider Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark, SNV rapport 4638. De metaller som påträffats i mycket höga halter är kadmium (Örnklon 9) och kvicksilver. Höga halter bly och zink samt måttligt höga halter av koppar, nickel och arsenik har också påträffats. Enligt rapporten tyder detta på förekomst av tipprester och/eller bensinutläckage.

**NYNÄS-PETROLEUM AB**

Bensinstation som fanns redan vid tiden för första världskriget. Belägen på fastigheten Örnklon 6. Under första världskriget återanvändes till och med de oljefläckar som fanns på omkringliggande vattenpölar (som bränsle till belysning i bostäder). I verksamheten förekom enligt uppgift mycket spill. Nynäs Petroleum förvärvade marken 1940 och bedrev depåverksamhet till och med 1981, därefter avyttrades marken till Linjebuss AB.

**ODAB – SVENSK OLJEDISTRIBUTION AB**

På nuvarande fastigheten Örnklon 6 (tidigare Örnklon 3) tog ODAB över oljedepå efter BP år 1981. Blandning av träskyddsolja (tillstånd: 1 800 m<sup>3</sup> oljebaserade, 150 ton vattenbaserade och 100 ton innehållande lindan) utfördes på Örnklon 3 samt eventuellt Örten 4 och Örten 6 år 1982. Bekämpningsmedlet som tillverkades benämndes BP Hylosan och var ett oljebaserat träskyddsmedel innehållande lindan och klorfenoler, där dioxiner ofta återfinns som en förorening i produkten. Efter förbud av klorfenoler (cirka 1977) användes istället tributyltenn. Vid rivning av en byggnad 2009 har undersökningar gjorts i och under byggnaden och tributyltenn har då påträffats i marken. Pentaklorfenolförorenad mark sanerades på Örnklon 6 1994-1996. Inga detekterbara halter av tenn återfanns vid markundersökningarna på 1990-talet. På Örten 6 fanns ODAB fram till 1981, därefter Statoil, Esso och Preem Petroleum. På Örnklon 9 tog ODAB över all depåverksamhet 1989 efter Röde Påle AB (som var återförsäljare åt Texaco som drev det sedan 50-talet). Därefter tog Stål & Metall AB över med skrotverksamhet.

**POL TRANSPORT**

Oljedepå drevs på Örnklon 10 mellan 1954 och 1980 av Svenska Shell AB. 1980 togs verksamheten över av POL (distributionsföretag som ägs till 50 % av Shell). 1970 hanterades 100 000 m<sup>3</sup> petroleumprodukter per år. 1980 var mängden cirka 125 000 m<sup>3</sup> per år (65 000 ton bensin och 35 000 ton diesel- och eldningsolja). Bensin, dieselbrännolja/fotogen, tjockolja och förpackade smörjmedel var de produkter man hanterade på fastigheten. Enligt uppgifter från Jan Tholerus på POL finns en gammal soptipp på fastigheten. POL Transport AB är sedan 1997 Shell Transport AB. Även Schenker Logistics AB har haft oljedepå på fastigheten (100-1 000 ton olja/kemiska produkter/år).

**SVENSKA STATOIL AB**

På fastigheten Örten 7 fanns Esso till och med 1980-81 med bensinstation, tvätt och bilverkstad. Fastigheten är undersökt/åtgärdad till och med 2004 enligt Jönköpings kommuns sammanställning över SPIMFAB-objekt. Sycon Teknikkonsult har gjort mark- och vattenundersökningar. Grundvattnet antas vara förorenat på grund av kringliggande depåer. Förorenad jord grävdes ut och gick till kompostering. Saneringsåtgärderna godkändes av kommunen 2001-12-05.

**OK PETROLEUM AB (DÄREFTER HURTIGS ÅKERI)**

Oljedepå på fastigheten Örnklon 12 (numera Örnklon 6) sedan 1973 (eldningsolja och diesel) i ringa omfattning. Från 1984 använde Hurtigs Åkeri AB området för uppställning

av fordon. Hurtigs Åkeri AB hade enligt uppgift depå (diesel och eldningsolja 1) mellan 1984-1992, därefter flyttade de sin verksamhet till Bottnaryd år 1994.

### **FÖRE DETTA JET OLJEDEPÅ**

På fastigheten Örnästet 4 bedrevs tidigare oljedepåverksamhet. Sanering har utförts av NCC under nuvarande ICA Maxi. Områdena kring ICA, det vill säga kör- och parkeringsytor, har ej totalsanerats utan här har man vidtagit åtgärder som förhindrar/minimerar riskerna för framtida direktexponering samt minimerar utläckage av föroreningar från området. Åtgärderna innebar: hårdgjorda ytor, avskärning av ledningsgravar som ansluter till området, schaktning kring rör- och ledningsgravar så att dessa omges av ren jord.

### **KEM O GAS LENNART ERLANDSSON AB**

GULF bedrev mellan 1948-1981 oljeverksamhet på fastigheten Örnklon 6 (tidigare beteckning Örnklon 7). Verksamheten bestod av depå, lager och distribution av bensiner, lätta mellandestillater och gasol. Kuwait Petroleum Svenska AB har inte bedrivit oljedepåverksamhet på fastigheten men har ägarandel i POL Transport AB, som bedrivit depåverksamheten. Kem o Gas Lennart Erlandsson AB har senast bedrivit verksamhet på fastigheten, men finns numera på fastigheten Äreminnet 9.

### **AB SVENSKA SHELL**

Cisterner med olika petroleumprodukter på fastigheten Örnklon 10. Hantering av mer än 50 000 ton petroleumprodukter per år med lastning och lossning vid pumpöar. Uppgifter finns om en oljeskada 1992. År 2005 inträffade en kemikalieolycka när bensin sprutade ut på marken och ner i en oljeavskiljare. Det som kom på marken bedöms ha dunstat.

## **Jönköpings Mekaniska Verkstad**

Jönköpings Mekaniska Verkstad (före detta Sandwalls gjuteri) hade gjuteriverksamhet mellan 1860 och 1992. Formsand, gjutspån, skärvätska, kolrester och eldningsolja har använts som utfyllnad inom området. I olika etapper har Munksjön fyllts igen med förbrukad formsand med mera samt andra överskottsmassor från staden, detta för att ge plats åt Jönköpings Mekaniska Verkstad. Området är konstaterat förorenat och har delvis sanerats, se tidigare kapitel om olja. Höga halter av polyaromatiska kolväten (PAH:er) och klart förhöjda halter av bly, PCB och cyanider uppmättes. De kraftiga oljeföroreningarna innan saneringen och kvarvarande föroreningar skulle kunna ha bidragit med föroreningsläckage till Munksjön.

Vid Lilla limugnen, söder om gjuteriet, fanns ett badhus med duschtorn mellan 1852-1865. Det var under sin tid den populäraste badplatsen, men lades ned på grund av gjuteriet som var den närmaste grannen i norr och då gjuteriverksamheten kommit igång på allvar blev badandet mindre attraktivt på denna plats.

## **Gamla gasverkstomten**

Gasverket var i drift mellan 1862 och 1964 på fastigheterna Grävlingen 1-3 och området är konstaterat förorenat av bland annat fenoler, cyanid, opolära kolväten och tungmetaller.

Inom området har uppmätts mycket höga halter av koppar, bly och zink (WSP, 2003). När verksamheten var i drift fanns tjär- och ammoniakbrunnar på området. Viss sanering har utförts. Tjära och förorenat vatten från brunnar (uppskattningsvis 160 respektive 400 m<sup>3</sup>) har transporterats bort. Brunnarna och den tjära som inte kunnat pumpas upp har lämnats kvar. Brunnarna har fyllts med jord och gjorts genomsläppliga för vatten.

## Termoverken

I en rapport som tagits fram av MiljöManagement Svenska AB på uppdrag av Munksjö AB och Jönköpings kommun nämns möjliga förorenare av Munksjön, framförallt med avseende på kvicksilver. Den främsta kandidaten anges vara en termosfabrik på Brahegatan. August Schierenbeck startade år 1915 företaget AB Svenska Isolerflaskfabriken, fabriken byggdes år 1918 upp på Brahegatan 46. Företaget var registrerad på Selma Lagerlöfs gata men ingen verksamhet bedrevs där. Verksamheten bytte namn år 1938 till Svenska AB Thermo och senare till AB Thermoverken. Kviksilver, asbest och senare även kontaktlim hanterades i fabriken processer. Enligt ovan nämnda rapport skedde hantering av kvicksilver under cirka 40 års tid.

Termosen tillverkades genom att en glasflaska förts in i en annan större glasflaska (gjordes på glasbruket). Fabriken köpte dessa färdiga glasflaskor direkt från glasbruk och termosfabrikens insats var att isolera glasflaskorna och därefter förse flaskan med ett ytterhölje. Den isolerande funktionen skapades genom att mellanrummet mellan flaskorna fick en silverspegel och ett vakuum skapades i detta mellanrum som därmed gavs den isolerande funktionen. Silverspegeln skapades på så sätt att kvicksilvernitratt blandades med en sockerlösning. Blandningen blåstes med högt tryck in i flaskornas mellanrum, flaskorna låg på rullband så lösningen fälldes ut som en glasspegel i mellanrummet med hjälp av uppvärmning. Överbliven blandning omhändertogs och återanvändes till nästa flaska. Slutligen pumpades flaskorna så ett vakuum uppstod. Kviksilvernitrattet hanterades separat i ett avloppslöst rum för blandning med sockerlösning. Asbest användes som isolermaterial mellan termosvägg och ytterhölje. På senare tid användes kontaktlim i fogen i botten, där man från början använde keramik som botten. Glasflaskorna köptes från flera glasbruk, bland annat Flerohopps glasbruk utanför Nybro och ett glasbruk i Vrigstad där Schierenbeck var delägare. Även Kalmar glasbruk tillverkade termosglas under perioden 1947-1957 som troligen levererades till Jönköping (Fogelberg & Schultz 1955-57).

Verksamheten bedrevs från början i en liten byggnad fram tills att man expanderade med bland annat magasin 1941-43, då man lämnade in ritningar om ändringar. Detta var samtidigt som Södra reningsverket byggdes. Storhetstiden var på 1940-talet och under 1950-talet ökade konkurrensen både nationellt och internationellt och en nedgång startade. Tillbyggnad av magasin och ändring av ventilationen skedde under år 1959 enligt ritningar på Jönköpings stadsarkiv. År 1968 köptes företaget upp av Nils-Olov Jönsson som lät driva fabriken några år. Själva fabriksbyggnaden finns kvar idag och nyttjas av Mediapjuth som även innehar en kollektion av termosar från tillverkningsstiden. Allt annat (förråd med mera) brann ned på 1960-talet.

Enligt August Schierenbecks barnbarn, Anders Schierenbeck sopades krossade termosar ihop och det som inte kunde sopas upp hamnade antagligen i golvavloppet. Det fanns ett särskilt glaskrossrum i anslutning till lastrummet.

Enligt Roland Thulin på Jönköpings kommun gick Termoverkens avlopp troligen till Södra reningsverket som låg vid Torparondellen och anlades 1940-41. Innan dess gick kloaksystemet för västra sidan av staden ut norr om gjuteriet Jönköpings mekaniska verkstad. Direktutsläpp till Munksjön skulle då ha kunnat pågå i 25-26 år om avlopp släpptes till Munksjön.

Allt kvicksilver som eventuellt förlorats i processerna har troligen inte hamnat i Munksjön eftersom fabriken ledde sitt avlopp till Södra reningsverket när det fanns i drift. Enligt Roland Thulin på Jönköpings kommun kan det även ha varit så att avloppet från Termoverken lika gärna kan ha gått åt andra hållet (mot Junebäcken) eftersom vattendelaren går precis där termosfabriken låg.

På andra sidan Brahegatan mitt emot termosfabriken har en neonfabrik, Rothweilers Skyltneon AB (det företaget finns idag kvar i Jönköping men på annan fastighet och som företaget Itab Neon), funnits och där har man haft kvicksilverhantering. Undersökningar har gjorts på denna fastighet i samband med att verksamheten lades ner. Man har inte kunnat påvisa någon kvicksilverförorening i varken mark eller grundvatten enligt Lennart Oldén på Jönköpings kommun.



Bild 5. Termos från Junetermos

En av de anställda vid Termoverken startade upp en egen fabrik på Kålgården, vid Kålgårdsgatan, och startade Junetermos 1968. Där ska hantering av kvicksilver ha skett under en kortare period (se kapitel om Kålgårdsområdet).

### **Knutssons Nickelindustri (före detta Britanniafabriken)**

Knutssons Nickelindustri på fastigheten Hålan 2:3 var en metallindustri som tillverkade bestick från 1950 talet fram till konkursen år 1994. Idag är fastigheten sanerad.

Provtagningar och analyser av vattenmossa och kräftor visade på att läckage av metallföroreningar skedde till Tabergsåån innan saneringen. Metallanalyser på kräftor mitt för den aktuella fastigheten visade på avsevärt högre halter av kadmium, kobolt, koppar, nickel, bly och zink jämfört med en kontrollokal.

Markundersökningsrapporter från 1996 och 1997 visade på föroreningar i mark i form av tungmetaller, olja, cyanid och klorerade kolväten. De metaller som återfanns var antimon, bly, kadmium, koppar, krom, nickel, tenn och zink. Halterna var mycket höga för bly, bensen, cancerogena PAH:er, samt höga för krom, koppar och nickel.

Under 1999 revs byggnaderna och stora delar av rivningsmaterialet omhändertogs som farligt avfall. Efter rivningen täcktes marken med ett tätskikt i avvaktan på slutlig efterbehandling. Under år 1999 genomfördes även en detaljerad undersökning av fastigheten i syfte att klargöra förutsättningarna för saneringen. Efterbehandlingen påbörjades i augusti 2000 och saneringen skulle vara avslutad senare samma år. Schaktnings- och återfyllningsarbetena slutfördes i december 2000. Även en stor mängd grundvatten pumpades upp, renades och släpptes därefter ut i Tabergsåån. Vissa problem uppstod vid rening av grundvattnet under schaktningsarbetet. Finplaneringen och asfalteringen samt övrig återställning utfördes under våren 2001. Under saneringsarbetet schaktades cirka 5 000 m<sup>3</sup> motsvarande cirka 7 500 ton jord upp inom fastigheten. Av dessa klassificerades cirka 600 m<sup>3</sup> (900 ton) som högkontaminerade jordmassor och cirka 4 400 m<sup>3</sup> klassificerades som lågkontaminerade eller rena jordmassor.

De högkontaminerade jordmassorna fraktades till SAKAB:s anläggning i Kumla för vidare behandling (jordtvätt) samt deponering. Efter saneringen återkom ett bestånd av öring till ån vilket delvis kan ha ett samband med minskat läckage från fastigheten.

## Före detta Norrahammars Bruk

Före detta Norrahammars Bruk är beläget på fastigheten Norrahammar 31:1 invid Tabergsåån. Tabergsåån är inom de västra delarna av fastigheten till viss del kulverterad (VBB Viak, 1996). Verksamheten har bestått av gjuteri, ytbehandling av metaller, verkstadsindustri och ställverk. Driftsperiod för före detta Norrahammars Bruk var 1877-1992. Emaljverk har enligt uppgift funnits på fastigheten sedan 1930-talet. Processavloppsvattnet från verket leddes fram till och med början av 1970-talet, via dagvattenledningar, direkt ut i Tabergsåån. År 1985 byggdes en ny modern betningsanläggning med tillhörande reningsanläggning och fram till år 1992 släpptes det renade processavloppsvattnet, via dagvattensystemet, ut i Tabergsåån (VBB Viak, 1996). Misstänkta föroreningar i mark och grundvatten är tungmetaller, lösningsmedel, oljeföroreningar och dioxiner.

Utförda provtagningar och analyser under perioden 1985 till 1992 på bland annat inplanterad vattenmossa vid dagvattenutloppet i Tabergsåån har enligt uppgift inte visat på några föroreningar i dagvattnet från området. Utförda provtagningar i Tabergsåån under perioden 1977 till 1983 visar inte heller på någon direkt påverkan på ytvattenkvaliteten i Tabergsåån. På grund av ett tidigare utsläpp av oljeprodukter i Tabergsåån under 1970-talet installerades en oljeavskiljare på den utgående dagvattenledningen från området (VBB Viak, 1996).

De provtagningar som utfördes av VBB Viak inför rivning av vissa byggnader på området 1996 visar att jordlagren och grundvattnet inte är föroreningspåverkade av metaller och olja i någon större omfattning. Förhöjda halter av PAH och bly uppmättes dock i en punkt i fyllnadsmaterialet i de före detta bearbetningslokalerna (VBB Viak, 1996).

Viss sanering har utförts öster om oljedepå på Åsa 3:210. Ytterligare undersökningar av fastigheten Åsa 3:210, utförda av VBB Viak 1996, visar på oljeföreningar som kan behöva saneras vid en eventuell förändrad markanvändning. Kompletterande åtgärder i jord under en av de före detta bearbetningslokalerna kan behövas vid en eventuell förändrad markanvändning enligt en kompletterande undersökning som gjordes på fastigheten Norrahammar 31:1 i samband med att lokalen revs under år 1998 (Sweco, 1998).

På Norrahammar 31:1 (inom området) har det legat en bensinmack som undersökts av SPIMFAB. Inga föroreningar upptäcktes vid undersökning av macken. På fastigheten finns även Arvika Gjuteri vars verksamhet består i att bearbeta gjutgods. Ett utsläpp av olja från oljeavskiljaren skedde när man gjorde spolning av brunnar.

Vid grävning på området i april 2009 upptäcktes föroreningar men det är i dagsläget ännu inte klart hur stor förorenings omfattning är. Det är inte heller ännu klarlagt vilken typ av föroreningar det rör sig om.

## Tabergs Yllefabrik

Tabergs Yllefabrik var en textilindustri som var i drift mellan 1892 och 1978. Den före detta Lindhammarsmedjan inköptes 1892 och ombildades till textilfabrik. Mellan åren 1894-1905 bedrevs spinneriverksamhet och färgning. 1905 bildades aktiebolag på grund av stadigt ökande tillverkning. År 1894 spanns 4 ton garn, 1904 spanns 40 ton garn. Under åren 1905-1920 tillkom många nya lokaler och man började då även att väva. År 1932 byggdes ytterligare ett färgeri. Verksamheten expanderade mycket under åren 1925-1935, då man tredubblade sin tillverkning. 1925-1945 dominerades produktionen av möbeltyger och mattor. På 1940-talet började man använda hår i tillverkningen. Detta blektes i tvätteriet. I spinneriet besprutades fibrerna med oljeemulsion.

Färgeriet låg direkt ovanpå Tabergsåån. Misstänkta föroreningar är bland annat tungmetaller, till exempel kvicksilver, krom, koppar och nickel. Enligt Siv Hansson på Länsstyrelsen i Västra Götalands län, branschexpert på textilindustrier, sköljdes en stor del av de hanterade kemikalierna ut från den här typen av verksamheter i och med att man ofta byggde ovanpå eller precis bredvid ett vattendrag. Stora mängder föroreningar fördes därför med vatten och sediment. Processer som kan ha orsakat markföroreningar är till exempel spinnoljehantering och kemikalielager. PAH:er förekom ofta som förorening i spinnolja. Anläggningarna hade ofta stora pannrum som kan ha förorenat med kvicksilver från regulatorer samt tjockolja.



Bild 6 och 7. Tabergs Yllefabrik.

När ylle färgades användes kraftigt sura bad med till exempel svavelsyra som kan ha gett skador på rörledningar och därmed risk för läckage på fastigheten.

Ylleproduktionen innebar att man med största sannolikhet använde malmedel. Dieldrin och DDT användes förut för detta ändamål. Det fanns också fenoxisyra-liknande medel vid namn Eulan och ett medel som hette Mitin FF. Dessa var klorerade bekämpningsmedel som användes ända in på 1990-talet.

En textilindustri av denna typ klorblekte troligen textilier och i så fall kan det finnas dioxinföreningar både på fastigheten och i sediment nedströms. Oktaklorerade dioxiner och dibensofuraner är föreningar som är förknippade med textilindustri. De kom från klorblekningen i samband med att natriumhypoklorit användes. Hypoklorit innehöll från och med 1920-talet ofta föreningen pentaklorfenol (PCP), vilket ger upphov till dioxiner. (Inventering av textilindustrier och garverier i Stockholms län, 2006).

## Tabergsgruvan

Brytning vid Tabergsgruvan påbörjades så tidigt som på 1400-talet. Tabergsmalmen heter titanomagnetitolivinit. Där finns förhållandevis stora förekomster av andra metaller, mer ovanliga, som gör att malmen håller särskilt hög kvalitet.

1695 försörjde Tabergs bergslag 16 hammare i länet. Under mitten av 1700-talet fanns 12 masugnar runt Taberg. Produktionstoppen nåddes i mitten av 1800-talet, men på 1890-talet stängdes gruvan för att återupptas under andra världskriget då Tyskland var i stort behov av järn. Under åren 1939-1957 bröts mer malm än under de föregående 300 åren.

Ett samarbete mellan AB Smålands Taberg och den tyska krigsmakten kom till stånd beroende på den speciella sammansättningen som tabergsmalmen har. De ämnen som gjorde malmen så eftertraktad var titan och vanadin. Förekomst av dessa metaller är mycket ovanlig, varför tyskarna åkte till Sverige för att få tag i dessa. Som mest sysselsatte gruvbolaget knappt 50 man och det högsta produktionsresultatet uppnåddes 1943 med 200 000 ton vilket då var 2 % av Sveriges järnmalmsproduktion. Brytningen ägde rum i



dagbrott men för att ta hand om den brutna malmen sprängdes så småningom ett övre och undre ortssystem upp inuti berget. För att minska transportkostnader ville man anrika malmen så ett anrikningsverk uppfördes strax utanför ingången till gruvan. Verket försågs med processutrustning i form av en försöksanläggning för anrikning. Invändigt kläddes den väldiga maskinen med Höganästegel, för att klara hög upphettning. Tillvägagångssättet kallas "Kruppren-metoden" och syftade till att höja malmens järnhalt från 30 till 50 procent.

Förutom anrikningsverket finns också en så kallad lave där malmen inifrån berget togs emot, ett våghus, ett laboratorium, en verkstad och ett kontor, samt bostad. Till gruvgården hör också ett ställverk med skjul där det skulle kunna finnas PCB-haltig olja kvar. Malmbrytning och slagghögar med mera skulle kunna ge ett utläckage av tungmetaller till Tabergså. Mot slutet av 1950-talet avvecklades verksamheten allt mer och den sista malmleveransen gick för export via Halmstad år 1957.

## Syraslamgropen

Den så kallade Syraslamgropen var en industrideponi på fastigheten Kniphammaren 1:3 och Kniphammaren 1:2, där syraslam från dåvarande Skandinaviska Oljecentralen deponerades mellan 1956 och 1972. Syraslammet innehöll bland annat bly, zink, kolväten och PCB. Vid saneringen skickades en del av syraslammet till destruktionsföretaget SAKAB för att brännas. Sluttäckning med bentonitmatta med tillhörande dräneringsskikt och skyddsskikt har anlagts för att förhindra utläckage till omgivningen. Kontroll sker genom lysimetrar (samlar upp vatten) under bentoniten för att se så att vatten inte infiltrerar genom. Utläcket innan saneringen kan ha varit betydande.



Bild 8. Sluttäckning vid Syraslamgropen.

## Skandinaviska Oljecentralen AB

Från 1955 bedrev en tidigare verksamhetsutövare ("gamla" AB Skandinaviska Oljecentralen) verksamhet innefattande insamling och behandling av avfallsoljor, samt deponering av blekjord mellan åren 1956 och 1971. Från år 1978 till 1990 bedrevs en

verksamhet som omfattade mottagning och behandling av avfallsoljor, dock ej deponering. Nuvarande verksamhet omfattar tillverkning av smörjoljor genom blandning av rena råvaror (basoljor och tillsatsmedel), mottagning och mellanlagring av avfallsoljor samt rekonditionering av tomfat (rekonditioneringen upphörde år 2000). Utsläpp av SO<sub>2</sub> och NO<sub>x</sub> från pannan. Utsläpp av lösningsmedel från fatrengöring/fatmålning. Utsläpp till vatten av oljor, syreförbrukande ämnen samt små mängder metaller. Tidigare verksamhet på fastigheten var garveri, ammunitionstillverkning och ytbehandling. Förorenade blekjordar från filtrering av olja vid raffinering har deponerats på fabriksområdet. Blekjord är en restprodukt från den tid då man raffinerade smörjoljor för att höja pH-värdet i oljan, samt för att bleka färgen på oljan. Oljeutsläpp har skett från anläggningen. Viss sanering har utförts. Bolaget har i samband med hårdgörning av en lossningsyta grävt ur underliggande oljeförorenade jordmassor. Inom området har tre saneringar av delområden utförts; två delområden (större delen av fatgården, samt lossningsplatsen) sanerades inför att de iordningställdes år 2000, medan större delen av blekjordsdeponin sanerades 2001 (J&W, 2002). Sammanlagt cirka 7500 ton förorenad jord har schaktats bort från fastigheten.

### Framnästippen

Före detta kommunal avfallsdeponi (i drift på 1950-talet) på fastigheten Kålgården 1:1. Innehåller hushålls-, industri- och miljöfarligt avfall. Undersökning 1995 visar på förhöjda kvicksilverhalter i grundvattnet, men tämligen litet utläckage av metaller (VBB Viak, 1998). Rykten finns om att kvicksilverbetad säd ska ha dumpats här, men detta är inget som kunnat bekräftas i arbetet med denna rapport.

### Före detta Lantmännens betningsanläggning

Tidigare hade Lantmännen betning av utsäde på fastigheten Ödlan 19 (tidigare beteckning Ödlan 7). Betningen pågick till och med år 1979 och uppgick till 1 000 ton/år. En silo för betad säd byggdes år 1957. Kviksilver har vid provtagning konstaterats i ytan på ett ställe, detta grävdes därefter bort. På fastigheten finns från och med år 1999 stålindustri (Stålkompagniet AB).

### Munksjökajerna

På nuvarande fastigheten Guvernören 1 fanns på 1800-talet hamn för last- och passagerarbåtar. Området ligger mellan Munksjön och Länsstyrelsen/gamla järnvägsstationen. Idag består området av kommunens parkering och kajkant. Olja har påträffats vid grävning. Det är oklart om andra föroreningar kan finnas.

### Nuvarande Stora Enzo Packaging

Nuvarande verksamhet vid Stora Enzo Packaging är wellpaptillverkning och lackering/färgning. Företaget tar ut prover på bly, zink, nickel och koppar i sitt industriavloppsvatten. Tidigare har man använt organiska lösningsmedel. Verksamheten drevs tidigare av Tambox AB och innan det Esseltewell (1982). Tambox hade även grafisk industri – tryckeri. Tidigare fanns på platsen massaindustri. Carl Fredrik Wennberg anlade år 1869 ett träsliperi i Torsvik, där han redan ägde såg och kvarn. De levererade massa till Stensholms Pappersbruk. Från början producerades vit slipmassa av frisk gran, men även brun slipmassa av rötskadad gran och av tall. Pappersmaskin från år 1879 för papper till

tändsticksaskar. 1888 tillkom två sulfittkokare. Anläggningen hette vid den tiden "Thorsviks sulfittfabrik och pappersbruk". 110 personer var anställda år 1890. Anläggningen ligger precis vid Torsviksån som mynnar ut i Tabergsån via Lillån och Hällstorpsån. Ett oljeutsläpp skedde den 4 juli 1999. Olja upptäcktes vid grävningsarbeten år 2000. En översiktlig markundersökning utfördes av Terratema AB år 1999.

## Eventuell betning av utsäde

På nuvarande fastigheten Ön 6 (dåvarande beteckning Holmen) har man haft betning av utsäde. Det finns ett tillståndsärende från 1981. Byggnaden där betning utförts ligger med ena gaveln ut mot Roddargatan. Den omges av såväl kontorsbyggnader som skrotupplag och lagerbyggnader. Kvarteret Ön användes som magasin och hade silo för säd från början av 1900 talet. Under kriget nyttjades även mark till att förvara foderkakor (oljekakslager). Idag är byggnaden sammankopplad med byggnaden på den intilliggande fastigheten Ön 7 genom ett stängsel. På fastigheten har det tidigare funnits andra byggnader. Idag återstår endast några fundament. Markteknisk undersökning 1947 visar på att området är utfyllt ned till 1,7 m under marknivån. Kvarteret har visat sig vara förorenat av deponiverksamheten som ligger nära. Betning av utsäde kan vara en potentiell källa till kvicksilverläckage till Munksjön.

## Sjuk- och dentalvård

Branscherna sjuk- och dentalvård skulle kunna vara tänkbara källor till kvicksilverföroreningar i Munksjön. Numera går alla avlopp till Simsholmen men de första reningsverken byggdes på 1930-talet och amalgam har använts i cirka 150 år. Det är oklart hur stor omfattningen var på den tiden men ett betydande tillskott kan inte uteslutas. Avloppen gick rakt ut i Munksjön och Vättern innan reningsverken byggdes.

## Södra reningsverket

Södra reningsverket är ett nedlagt kommunalt reningsverk vid Torparondellen vid Munksjöns södra strand. Reningsverket var i drift från 1940-talet till 1968-69, då Simsholmens avloppsreningsverk togs i bruk. En ombyggnad av södra avloppsreningsverket hade stor betydelse för Munksjön men den 20-procentiga rening som detta medförde blev dock snart otillräcklig. En verklig förbättring kom först med idrifttagandet av Simsholmens avloppsreningsverk år 1968.

På angränsande fastighet mot Munksjön har miljötekniska undersökningar utförts under år 2008 i samband med eventuellt bostadsbyggande (Sweco Viak, 2008). Då undersöktes även kvicksilver i mark och vatten. Halterna var under detektionsgränsen, <0,05 mg/kg TS, i de flesta provpunkterna. Halten kvicksilver närmast reningsverkets fastighet, längs ledningsgraven för utgående avloppsledning, låg även den under detektionsgränsen.

## Beskrivning av objekten 21-50

Nedan följer en kort redogörelse för kategorin 21-50 i prioriteringslistan. Någon ingående beskrivning av varje objekt görs inte för denna kategori. För detaljer hänvisas till listan i Bilaga 1. Merparten av verksamheterna i denna kategori har inga konstaterade föroreningsproblem och placeringen grundas främst på typ av verksamhet, verksamhetstid och annan tillgänglig information.

De verksamheter som återfinns på placering 21-50 i prioriteringslistan utgörs bland annat av ett flertal neontillverkare. Dessa verksamheter är av intresse med avseende på Munksjöproblematiken eftersom de har hanterat eller hanterar kvicksilver. Troligen har dock de flesta hela tiden haft sina processvattenutsläpp till Simsholmens avloppsreningsverk. Vid en av neontillverkarna har undersökningar gjorts men inga föroreningar hittades, se kapitlet om Termoverken.

Vidare finns i denna prioriteringskategori verkstadsindustrier, gjuterier och ytbehandling av metaller, till exempel före detta Lovsjö Bruk och Nordiska Egoutteurfabriken AB där föroreningar i form av tungmetaller har konstaterats. Andra branscher är drivmedelshantering, bilskrotning, betning av säd och deponier (exempelvis Hagatippen). Verkstadsindustrier, gjuterier och ytbehandlare återfinns i stort antal även längre ner i prioriteringslistan men då rör det sig för det mesta om nyare och/eller mindre verksamheter samt verksamheter med stort avstånd till recipient.

En kategori av verksamheter som hade kunnat placeras i kategorin 21-50 är träsliperier eftersom de historiskt har använt kvicksilver i processen för att skydda träfibrerna från mögelskador. Kviksilver började dock inte användas inom pappers- och massaindustri förrän cirka år 1941 och slutade användas 1967-68, och inget av de aktuella träsliperierna hade enligt de uppgifter som framkommit någon verksamhet kvar vid den tiden. Om det visar sig att kvicksilver använts vid något av träsliperierna kan dessa verksamheter komma att flyttas till en kategori högre upp i prioriteringslistan.

## Referenser

- Norra Munksjöområdet – en historisk dokumentation, Jönköpings Läns Museum, Byggnadsvårdsrapport 2001:2
- Munksjön – tillstånd och miljörisker, Morales J, Länsstyrelsen i Jönköpings Län, September 1994, Meddelande 11/94, ISSN 1101-9425, ISRN LSTY-F-M—94/11—SE
- Utredning rörande undersökning av förorenade sediment i Munksjön, Jönköpings kommun, Hampus von Post, MiljöManagement Svenska AB, 2008-06-05.
- Regionalt program för efterbehandling av förorenade områden i Jönköpings län 2008-2012, Länsstyrelsen i Jönköpings län, november 2007.
- Äldre eller nedlagda industrier och tippar med misstänkta markföroreningar i Jönköpings kommun, Carlos Pettersson, Miljö- och hälsoskyddsförvaltningen, augusti 1996.
- Papper och massa i Småland. Del 2 Jönköpings län, Karl-Fredrik Gustafsson, 2004.
- Kartläggning av Förorenade områden inom Stadsbyggnadsvision 2.0 område 4 samt 6-11, Jönköping kommun, 2008-10-07.
- Inventering av textilindustrier och garverier i Stockholms län, Länsstyrelsen i Stockholms län, 2006
- Kartläggning och teknisk bedömning av alternativ till dekabromdifenyleter (dekaBDE) i textila applikationer, Stefan Posner, Kemikalieinspektionen PM 4/04, 2004
- Pentaklorbensen och triklorbensen, Christina Esbjörnsson, Examensarbete 30p, Karolinska Institutet, Institutet för miljömedicin, 2002
- Tabergs Yllefabriks historia och utveckling genom tiderna, J Blomdahl, 1945.
- Bad och badhus i Jönköping, Gudmundsgillet Årsbok 1981.
- Utökning av miljöteknisk markundersökning / 21174 Etapp 1:1A, Kålgården efter rivning av Fortunagymnasiet, Sweco Viak, 2004.
- Redovisning av miljöteknisk markundersökning/21174, Etapp 1:2, Kålgården, Sweco Viak, 2002.
- Mark- och grundvattenundersökningar i kvarteren: Örten, Örnklon och Örnungen inom Jönköpings kommun, Svelab, 1997.
- Miljöteknisk markundersökning, Kålgården, etapp 2, område 2:1, Tyréns, 2004.

Jönköping Guvernören 3 Ny- och tillbyggnad för högskola och kontor, geoteknisk och miljögeoteknisk utredning, Jacobsson & Widmark, 2001.

Södra Munksjöområdet, del av fastigheten Lappen 5, Jönköping – Miljöutredningar, fältrapport. Tolust Estate AB, Munksjö Sweden AB. Sweco Viak 2008-06-02

Trelleborg AB Norrahammar. Översiktlig mark- och grundvattenundersökning inom fastigheten Norrahammar 31:1, VBB VIAK, 1996-12-17.

Norrahammar. Kompletterande markundersökning inom fastigheten Norrahammar 31:1, Jönköping, Sweco, 1998.

Kvarteret Grävlingen, Vatten och samhällsteknik, 1994

Högskolan i Jönköping, Etapp 5, Anmälan enligt §28 förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd, WSP, 2003.

Trelleborgs Glasindustri 1919-1955 och Skånska Glasbruket 1955-1957 Sveriges sydligaste glasbruk, Fogelberg T. & Schultz C-I, sidorna 38-39, 54-77, 90-93

PM gällande undersökning och utredning av Munksjön version 2008-11-27 med tillägg av åtgärdsplan, Länsstyrelsen i Jönköpings län, 2009-01-26

Ansvarsutredning för undersökningar och utredningar av Munksjön, Jönköpings kommun, Länsstyrelsen i Jönköpings län, 2008-05-19

Fd Framnäsdeponin, Kålgårdsområdet i Jönköping - Beräkning av utläckaget av metaller till yt- och grundvatten vid olika lakvattenläckage., VBB VIAK, 1998-05-07

Munksjö Sweden AB, Bedömning av historiska utsläpp av kvicksilver från Munksjö anläggning i Jönköping, ÅF-Process, rapport 2007-03-15

Stillefors, Jönköpings kommun, Lockebo 1:73 (Skandinaviska Oljecentralen, Scancem). Efterbehandling av oljeförorenad jord. Slutrapportering om kontroll, J&W, 2002-05-29

Efterbehandling av Hålan 2:3, Hovslätt. Redovisning av fd Knutssons Nickelfabrik, Hovslätt, Jönköping, VBB Viak, 2001-04-09

Preem Petroleum AB, Anmälan, Kv Örten 6. Anmälan om efterbehandling enligt 28§ Förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (SFS 1998:899), Sweco Viak, 2004-04-15

Örnklon 3, Miljöteknisk undersökning efter rivning av byggnad (fundamentbyggnad), SWECO, 2009

Undersökningar i Vätterns tillflöden inom Jönköpings län 2004, AlControl 2004.

[http://www.lst.se/NR/rdonlyres/74923710-4818-49ED-B836-C5D692950589/83522/s%C3%B6dra\\_2004\\_PopulC3A4r\\_1.pdf](http://www.lst.se/NR/rdonlyres/74923710-4818-49ED-B836-C5D692950589/83522/s%C3%B6dra_2004_PopulC3A4r_1.pdf)

TEKOWikin, <http://www.wiki.envicard.se/index.php?title=Nonylfenoletoxylat>

<http://www.mediaspjuth.se/>

**Muntliga källor:**

Måns Lindell, Vätternvårdsförbundet/Länsstyrelsen i Jönköpings län

Siv Hansson, Länsstyrelsen i Västra Götalands län

Lennart Oldén, Jönköpings kommun

Peter Prima, Jönköpings kommun

Roland Thulin, Jönköpings kommun

Kjell Wihlborg, Jönköpings kommun

Anders Schierenbeck släkting till Termosfabrikens grundare.

**Kartor**

Kopia över Jönköping upprättad 1948 av stadsingenjör W. Norander. Statens reproduktionsanstalt 1950.

## Bilaga 1 – Prioriteringslista

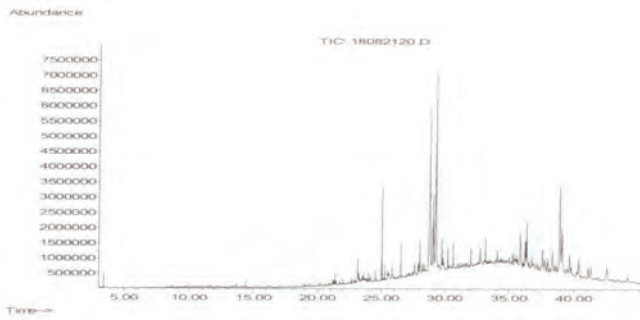


## Bilaga 2 – Kromatogram

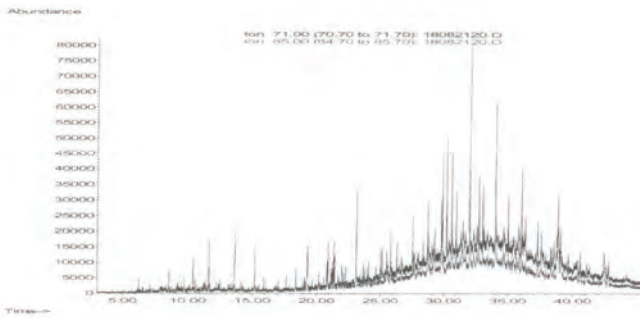
Länstyrelsen Jönköping
2008-09-10
Dnr

Provnr 08801575

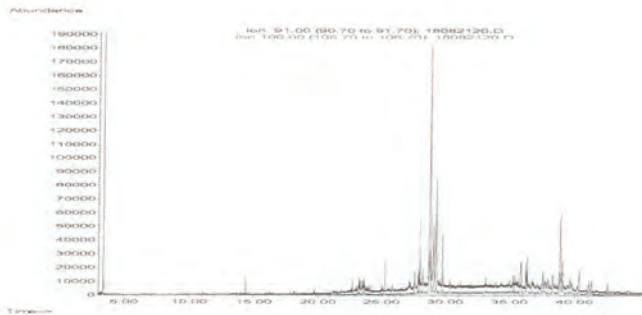
Total:



Alifater:



Aromater:



## Bilaga 3 – Analysprotokoll



ALcontrol Laboratories

ALcontrol AB  
Box 307, 651 07 Karlstad Tel: 054-21 30 77 Fax: 054-19 05 70  
ORG NR 556152-0916 STYRELSENS SÄTE: LINKÖPING



1006  
ISO/IEC 17025

### RAPPORT

Sida 1 (1)

utfärdad av ackrediterat laboratorium  
REPORT issued by an Accredited Laboratory

Rapport Nr 08022673

Uppdragsgivare

Alcontrol AB Konsultavd.  
Ann-Charlotte Norborg

Box 307  
651 07 KARLSTAD

Länstyrelsen Jönköping

2008-09-10

Dnr

Alcontrol AB Konsultavd.  
Ann-Charlotte Norborg

Box 307  
651 07 KARLSTAD

Avser

#### Recipientvattenkontroll

Plats : Munksjön  
Provplats : S:a Vättern  
Provpaket :

#### Sediment

Sjö/Rinnsträcka : MUNKSJÖN

#### Information om provet och provtagningen

Provtagningsdatum : 2008-06-17 Ankomstdatum : 2008-07-03  
Provtagningsstidpunkt : Ankomsttidpunkt : 0930  
Provets märkning : Plats 2  
:  
:  
Provtagare : LNST Jönköping

#### Analysresultat

Metodbeteckning	Analys/Undersökning av	Resultat	Enhet	Mätosäkerhet
GC/MS (*)	Alifater > C05-C08 (1)	< 5	mg/kg TS	
GC/MS (*)	Alifater > C08-C10 (1)	< 1	mg/kg TS	
GC/MS (*)	Alifater > C10-C12 (1)	< 3	mg/kg TS	
GC/MS (*)	Alifater > C12-C16 (1)	36	mg/kg TS	
GC/MS (*)	Alifater summa > C5-C16 (1)	36	mg/kg TS	
GC/MS (*)	Alifater > C16-C35 (1)	520	mg/kg TS	
SS-EN 12880	Torrsubstans (1)	9.94	%	70%
GC/MS (*)	Aromater > C8-C10 (1)	< 0.8	mg/kg TS	
GC/MS (*)	Aromater > C10-C35 (1)	3.4	mg/kg TS	
(*)	Oljetypning (1)	Se bilaga		

(\*) :Metod ej ackrediterad av SWEDAC

(1) :Analys/undersökning utförd av ALcontrol Linköping

Angiven mätosäkerhet är beräknad med täckningsfaktor k = 2. Vid intervallangivelse avser det högre talet mätosäkerheten vid halva nästa rapporteringsgränsen.

#### Kommentar

Denna rapport ersätter tidigare utsänd analysrapport med samma nummer. Tillägg av oljetypning.

Karlstad 2008-09-04

Kristina Lindberg  
Kemist

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium förbehåller sig rätt att ändra.



ALcontrol Laboratories

ALcontrol AB  
 Box 1083, 581 10 Linköping Tel: 013-25 48 00 (vakt) Fax: 013-42 17 28  
 DRG NR 888152-0916 STYRELSENS SÄTETS LINKÖPING  
 Vid frågor kontakta vår specialavd. Tel: 013-25 49 67

ALcontrol AB  
 Box 307  
 651 07 KARLSTAD

RAPPORT

Sida: 1 (1)

Rapport Nr 08801575

Uppdragsgivare  
 ALcontrol AB

Box 307  
 651 07 KARLSTAD

Länsstyrelsen Jönköpi  
 2008-09-10  
 Dnr

Avser

Övrigt fast material

Provplats : Internprov Karlstad  
 Typ av prov : Övrigt fast. mat.

Information om provet och provtagningen

Provtagningsdag	: 2008-06-17	Ankomstdatum	: 2008-07-04
Provtagningstidpunkt	:	Ankomsttidpunkt	: 0835
Provets märkning	: K-nr:08022673		
	: L-kpnr:08167508		
Provtagare	:		

Analysresultat

Metodbeteckning	Analys/Undersökning av	Resultat	Enhet	Mätosäkerhet
	Oljetypning	Se kommentar		

Angiven mätosäkerhet är beräknad med täckningsfaktor k = 2. Vid intervallangivelse avser det högre talet mätosäkerheten vid lägre nära rapporteringsgränser.

Kommentar

Ingen petroleumprodukt har återfunnits i provet, utan provet innehåller troligen fett då man fått utslag på diverse karboxylsyror. Kromatogram bifogas.

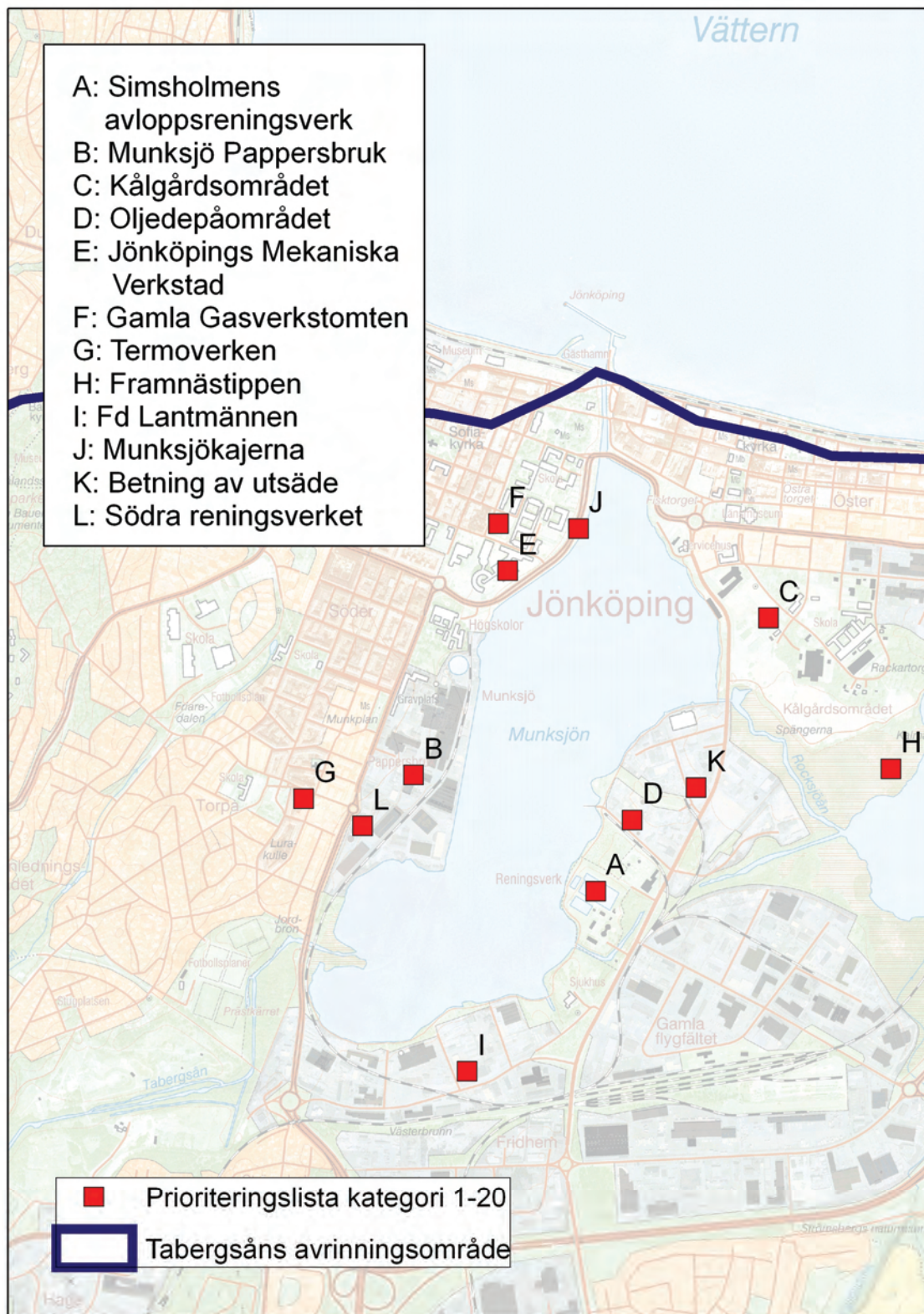
Linköping 2008-09-01

Ann-Christine Enqvist  
 Analytisk kemist

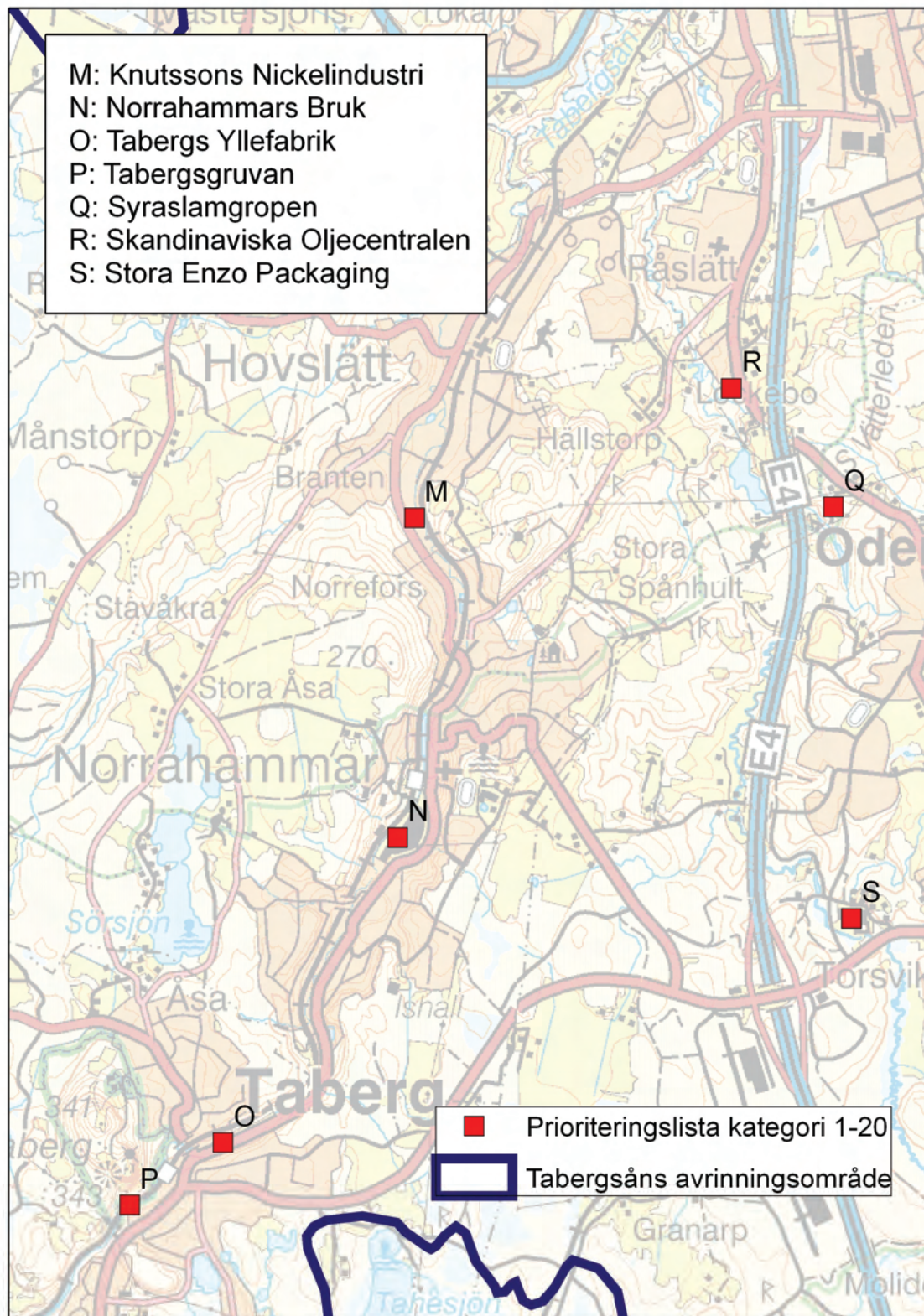
091 88017

## Bilaga 4 – Kartor över prioriterade objekt

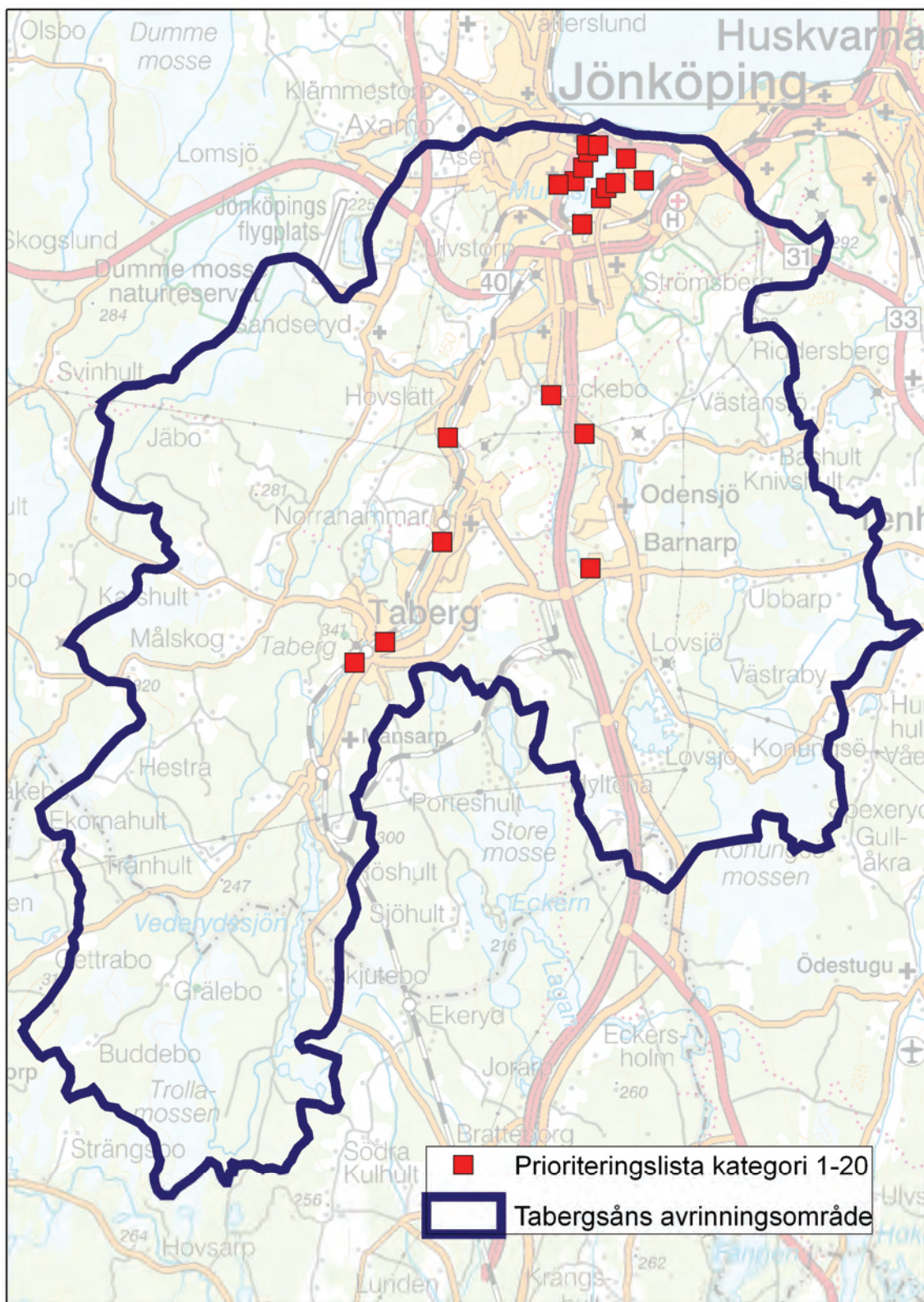
## Bilaga 4.1 Prioriterade objekt 1-20, norra delen



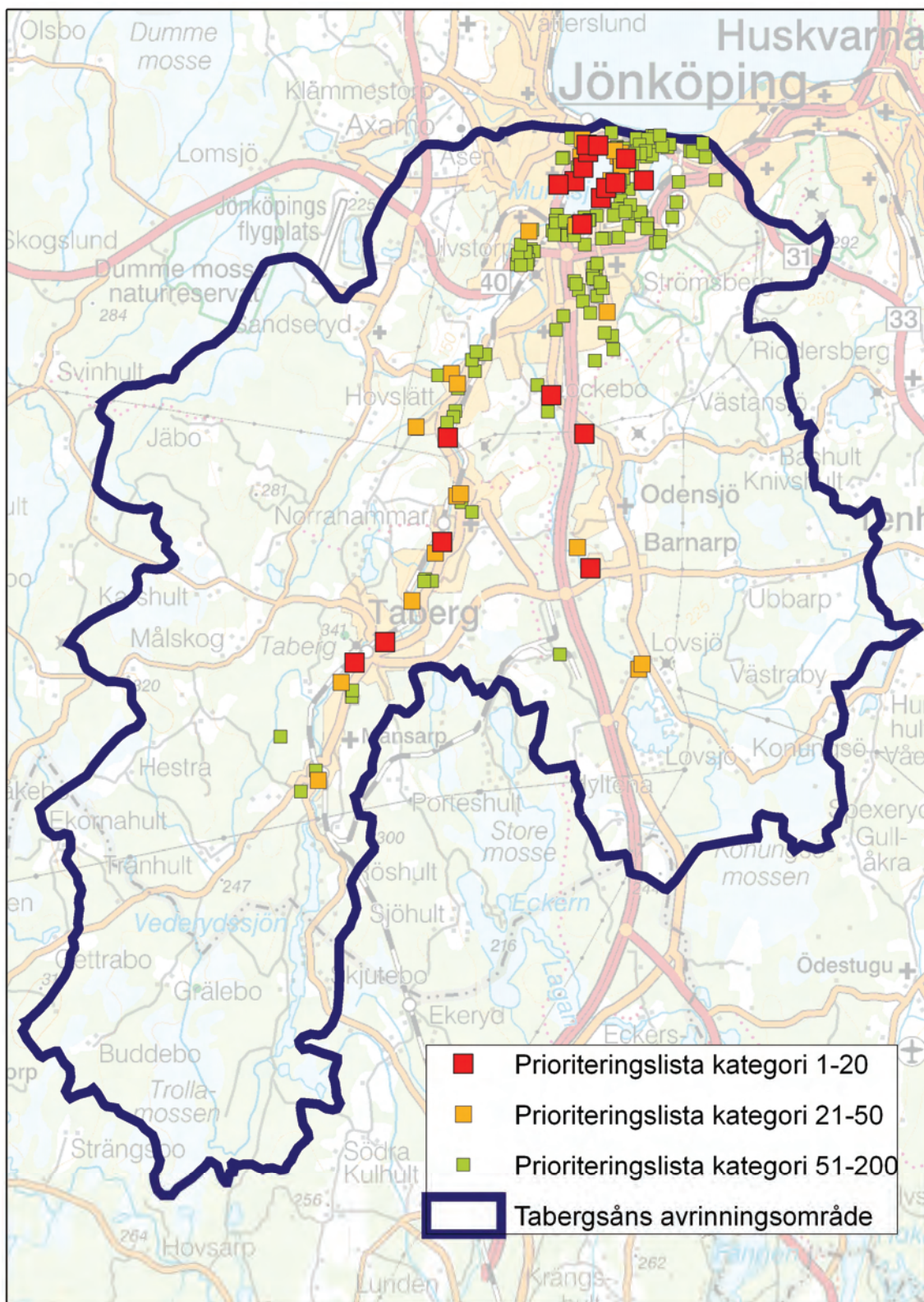
## Bilaga 4.2 Prioriterade objekt 1-20, södra delen



Bilaga 4.3 Prioriterade objekt 1-20, hela området

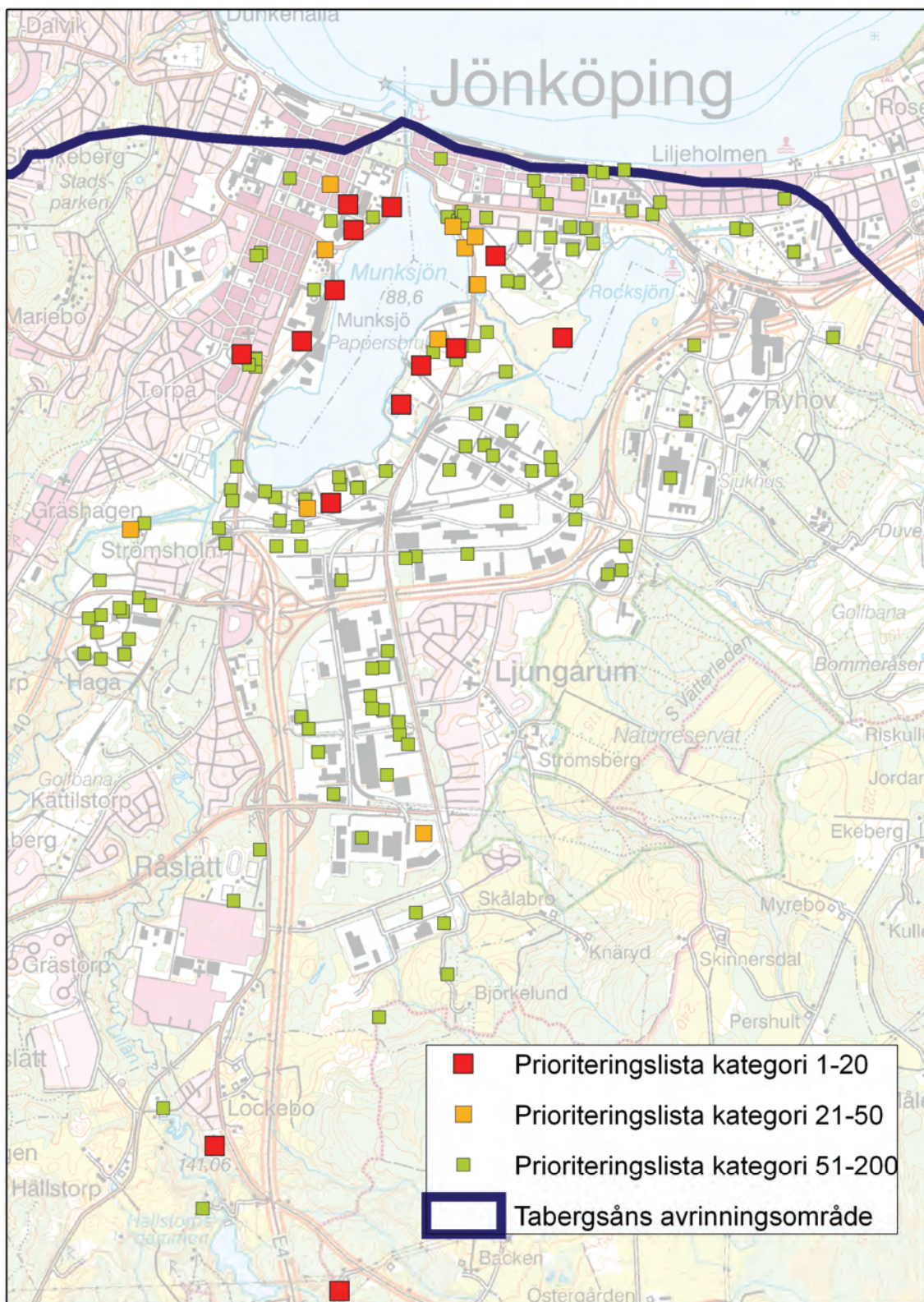


Bilaga 4.4 Prioriterade objekt 1-200, hela området

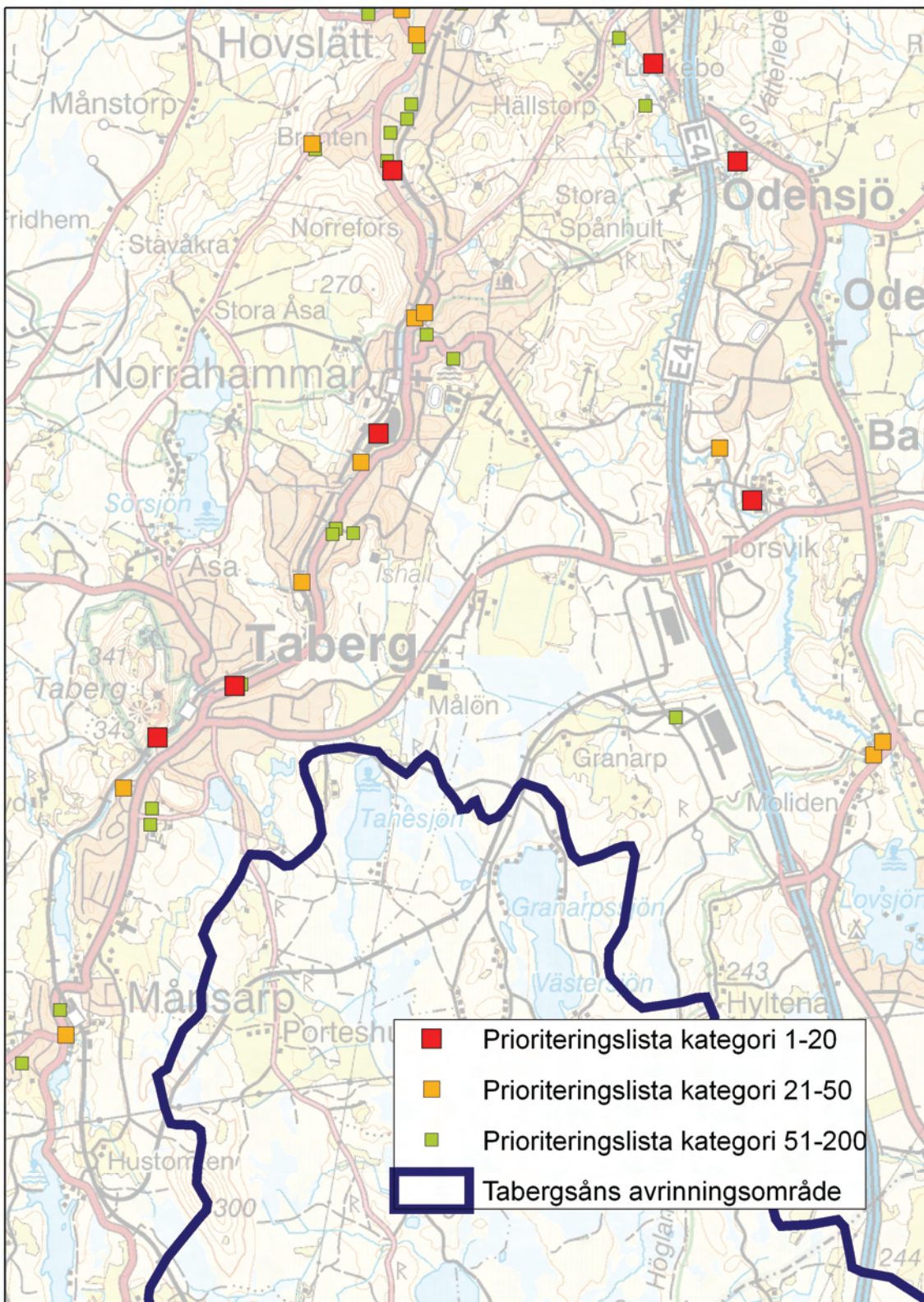




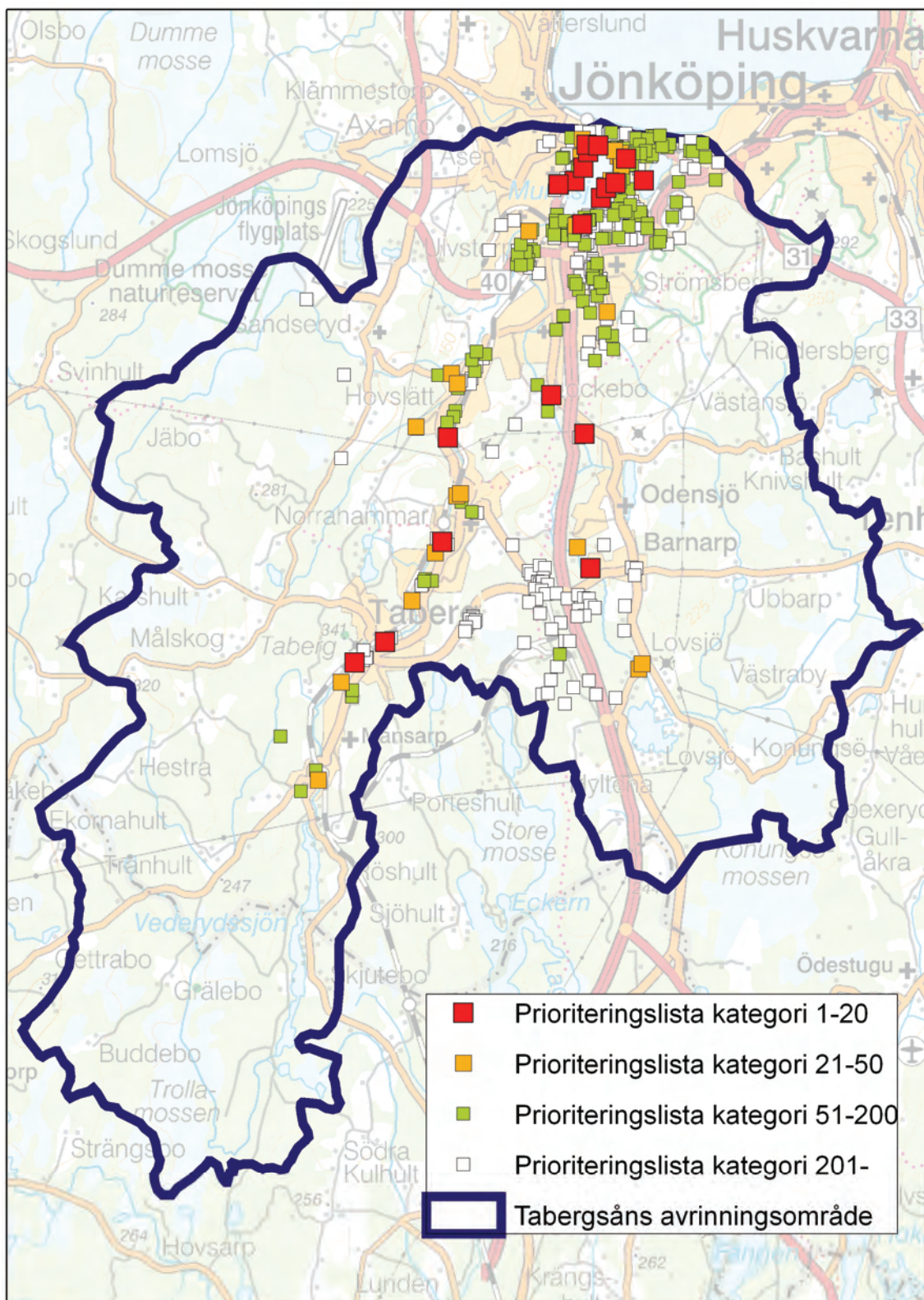
## Bilaga 4.5 Prioriterade objekt 1-200, nära Munksjön



Bilaga 4.6 Prioriterade objekt 1-200, södra delen



## Bilaga 4.7 Alla objekt, hela området





DEL 3



# Munksjön & avloppsreningsverket

Förutsättningar, möjligheter,  
konsekvenser



Fryksta 2007-04-13

A handwritten signature in black ink on a light background, reading "Lennart Lindeström".

Lennart Lindeström, Svensk MKB

## Sammanfattning

En gång i tiden hade Munksjön stor betydelse för staden Jönköping. Men idag används sjön främst för att ta emot utsläpp från reningsverk, industri och tätort. Den pågående utvecklingen av Jönköpings centrum och de framtidsvisioner som nyligen presenterats kommer att placera Munksjön i centrum av staden på ett annat sätt än tidigare. Detta gör att man alltmer börjat intressera sig för sjöns miljö kvalitet och vad som kan göras för att förbättra den. Samtidigt finns ett kvarvarande behov att även fortsättningsvis släppa ut renat avloppsvatten från både industri och kommun.

Jönköpings kommun utnyttjar för sina reningsverk på Simsholmen och i Huskvarna, Munksjön respektive Huskvarnaån som recipienter. Planer finns på att förändra denna situation genom att eventuellt sammanföra de båda avloppsreningsverken, flytta dem eller bygga in dem för att minska deras omgivningspåverkan. I denna rapport diskuteras ett antal alternativa sätt att i framtiden släppa ut de renade avloppsvattnen, och vad detta kan förväntas få för miljökonsekvenser för Munksjön och södra delarna av Vättern.

En avgörande fråga i sammanhanget är om bottarna i Munksjön kommer att saneras eller inte. Bottarna är förorenade av tidigare stora utsläpp av cellulosafiber från pappersbruket, liksom av miljöfarliga ämnen som tungmetaller, oljerester m.m. Vilka miljöförhållanden som kommer att råda på bottarna i Munksjön har en avgörande betydelse för hur de framtida utsläppen från reningsverken ska utformas på bästa sätt.

En annan fråga är om Munksjön överhuvudtaget ska fortsätta att vara mottagare för avloppsvatten från industri och kommun. Om reningsverken kommer att vara kvar i Jönköpingstrakten kan ett alternativ vara att istället via en tub med en avslutande diffusor släppa ut vattnen på stort djup i Vättern. Baserat på aktuella förutsättningar och de överväganden som kan göras idag, verkar detta vara ett bättre alternativ ur miljösynpunkt, inte bara för Munksjön utan även för södra Vättern. Skulle även vattnet från Huskvarnaverket överledas till Simsholmen eller direktkopplas på tuben, förbättras samtidigt förhållandena i nedre Huskvarnaån.

Men innan man kan fastslå vilken framtida lösning som verkligen är den bästa, måste samtliga alternativ utredas mer i detalj än vad som varit möjligt i denna översiktliga analys.



# Innehåll

## SAMMANFATTNING

<b>MUNKSJÖN OCH STADEN .....</b>	<b>2</b>
I GAMLA TIDER .....	2
MUNKSJÖNS ANVÄNDNING IDAG .....	3
STADSBYGGNADSVISIONEN .....	4
<b>DEN KOMMUNALA AVLOPPSRENINGEN.....</b>	<b>5</b>
I GAMLA TIDER .....	5
DAGENS AVLOPPSRENING.....	6
ALTERNATIVA FRAMTIDSPLANER .....	7
<b>MILJÖN I MUNKSJÖN.....</b>	<b>7</b>
I GAMLA TIDER .....	7
DAGENS MILJÖFÖRHÅLLANDEN I SJÖN.....	8
MILJÖN I FRAMTIDEN –ALTERNATIVA PLANERS BETYDELSE.....	10
<i>Sanering av sjöns bottnar eller inte .....</i>	<i>10</i>
<i>Fortsatt utsläpp till Munksjön.....</i>	<i>11</i>
<i>Ändrat utsläpp direkt till Vättern .....</i>	<i>12</i>
<b>VAD BLIR MILJÖKONSEKVENSERNA FÖR MUNKSJÖN OCH VÄTTERN? ...</b>	<b>13</b>
OM HUSKVARNAS AVLOPPSVATTEN LEDS TILL SIMSHOLMEN .....	13
OM MUNKSJÖNS BOTTNAR INTE SANERAS .....	13
OM MUNKSJÖNS BOTTNAR SANERAS .....	15
OM AVLOPPSVATTNEN LEDS DIREKT UT I VÄTTERN .....	16

# Munksjön & avloppsreningsverket

## Förutsättningar, möjligheter, konsekvenser

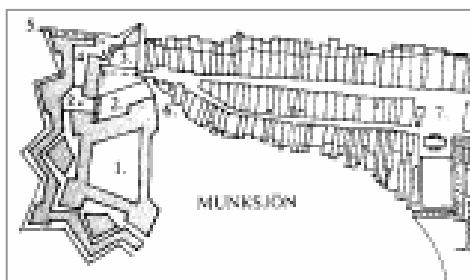
### Munksjön och staden

#### I gamla tider

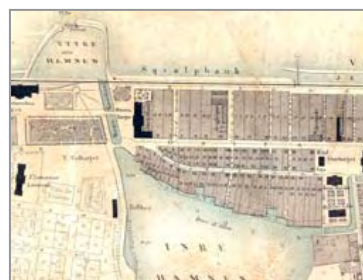
Under en stor del av Jönköpings historia har Munksjön haft viktiga funktioner för stadslivet.

Medeltidsstaden på Väster hade ingen direkt kontakt med "lillsjön" som Munksjön då kallades. Men i och med att staden flyttade till Sanden på Öster, kom bebyggelsen och stadslivet i direkt kontakt med Munksjöns vattenlinje. Smedjegatans successiva framväxt under 1600-talet anpassades till strandlinjen och stadsgårdarna utnyttjades för hantverkarnas och hushållens vattenbehov. Munksjön hade under hundratals år en viktig roll som skyddad hamn och lastplats.

*Karta 1696*



*Karta 1868*



*Ekonomisk karta 1954*



*Norra Munksjöns stränder under tre epoker.*

Liv och rörelse präglade Munksjön och dess stränder ända fram till mitten av 1900-talet. Sjön var i hög grad en del av stadens liv. Där badade man, åkte båt till folkparken, spelade bandy mm.

Under andra hälften av 1900-talet förlorade Munksjön alltmer sin centrala roll i staden. Trafikleder byggdes och blev barriärer mellan sjön och staden i dess norra del. Sjön förlorade sin roll som hamn och lastplats.

Fram till början av 1970-talet släppte pappersbruket vid Munksjöns västra strand ut allt sitt avloppsvatten orenat direkt i sjön. Sedan dess har avloppsvattnet dock börjat renas i allt högre grad. Kring 1940 byggde kommunen ett avloppsreningsverk vid sjöns östra strand, Simsholmen, vars avloppsvatten även det mynnar i Munksjön.

## Munksjöns användning idag

Den mest uppenbara användningen av Munksjön idag är som mottagare, recipient, för avloppsvatten. Renat avloppsvatten släpps fortfarande ut från Munksjö Papers anläggningar i väster och kommunens reningsverk i öster. Vissa föroreningstillskott kommer även med dagvatten som mynnar i olika delar av sjön.

Idag är utsläppen av olika föroreningar en bråkdel av vad de var ett halvt sekel tillbaka. Men även dagens utsläpp påverkar miljöförhållandena i Munksjön.



*Munksjön sett från ovan före utfyllnaden och bron i NO. Sjön har en yta på nästan 1 km<sup>2</sup> och rymmer ungefär 8,5 miljoner liter vatten. Den har medeldjupet 8 meter och ett största djup på 21 meter. Simsholmens avloppsreningsverk är inringat.*

Men Munksjön används relativt flitigt även för andra aktiviteter, t.ex. för rodd och vattenskiidsport. Den relativt goda förekomsten av fisk gör att intresset för sportfiske i sjön är stort med bl.a. metartävlingar. Då vinterförhållandena så tillät har man historiskt även anlagt motorbana och skridskobanor på sjöns is.

En viktig ”användning” av Munksjön kan också den nyligen iordningställda vandringsleden runt sjön sägas vara, ”hälsans stig”. Genom sin vackra vy, sitt ljusinsläpp i stadsbilden och sitt centrala läge inbjuder leden till promenader, inte minst vid lunchtid för alla som arbetar i centrum av staden.

## Stadsbyggnadsvisionen

Genom Högskolans utbyggnad i direkt anslutning till Munksjön och genomförandet av de båda projekten Stadsbyggnadsvisionen och Norra Munksjön, fokuseras nu Munksjön och dess betydelse för Jönköpings framtida utveckling. Tillkomsten av den nya bron och ny varierad bebyggelse utmed sjön kommer att leda till att Munksjöns norra stränder får en betydligt större roll för staden än idag.



*Den nya bron och den planerade bebyggelsen längs Munksjöns norra stränder (ovan) samt en framtidsvision med bebyggelse kring hela Munksjön (vänster).*

Munksjön kommer att bli en del av stadskärnan med uteserveringar, utvecklade promenad- och cykelstråkstråk m.m. invid stränderna. Kontakten mellan människan och sjön kommer därmed att fördjupas.

Den pågående utvecklingen av områdena kring norra delen av Munksjön pekar entydigt på en möjlighet för en fortsatt utveckling av markerna kring hela Munksjön, dvs även av de strandnära områdena söder om sjön.

I detta perspektiv finns det anledning att reflektera över sjöns idag huvudsakliga användningsområde, som recipient för utsläpp från industri och samhälle, och hur detta i framtiden ska kunna harmoniseras med stadens

närmande till sjön. Än viktigare är kanske att fundera över vad man gör med de föroreningar som finns i sjön från tidigare utsläpp.

En viktig del i en framtidsdiskussion om Munksjön användning och miljö kvalitet är det kommunala reningsverket vid Simsholmen och de planer som finns för en möjlig utbyggnad och eventuell förflyttning av verket. I det följande ges en översiktlig analys av de miljökonsekvenser som alternativa lösningar för Simsholmen kan tänkas få för Munksjön och angränsande del av Vättern. Även framtiden för avloppsreningsverket i Huskvarna berörs i det fall det får konsekvenser för Simsholmen och Munksjön. I förlängningen är syftet att finna en lösning som på bästa sätt kan förena olika intressen för Munksjöns framtida användning.

## Den kommunala avloppsreningen

### I gamla tider

I äldsta tider fungerade stadens kanaler som avloppsledningar ut till Munksjön och avloppsreningen bestod i att man med vedermöda och påfrestning för stadens innevånare rensade dessa stinkande ”diken” en gång om året.

Stadens växande industrier – Munksjö AB, Jönköpings Mekaniska Werkstad AB, Andelsslakteriet och Gasverket - belastade Munksjön från 1860-talet och framåt alltmer med direkta utsläpp. Framförallt Munksjö AB belastade sjön med fiberslam, sulfittlut och hartstväl. Tillsammans med kommunal avloppsförorening blev situationen i Munksjön till slut ohållbar.

1937 är ett märkesår. Sommaren var extremt varm och torr och Munksjön blev så gott som syrefri. Sjöns vatten var svart och ogenomskinligt och stank förfärligt av svavelväte. Färg på hus svartnade, skyltar korroderade och kanalen fylldes av död fisk.

Detta föranledde genomgripande åtgärder för avloppsreningen. Östra och Västra avloppsreningsverken byggdes 1937 till 1940 om till mekanisk rening. Dessa hade indirekt påverkan på Munksjön genom att mycket förorenat strandvatten pumpades in i Munksjön med Vätterns seicher. Ännu väsentligare var Södra avloppsreningsverket vid Torparondellen, Fridhems avloppsreningsanläggning vid Kämperondellen och Andelsslakteriets reningsverk. Dessa byggdes som tidiga biologiska reningsanläggningar och hade stor betydelse för Munksjön.

Den 20 %-iga avloppsrening som detta medförde blev dock snart otillräcklig och en verklig förbättring kom först med i drifttagandet av Simsholmen 1968 och motsvarande reningsåtgärder hos Munksjö AB i början av 1970-talet.

## Dagens avloppsrening

**Simsholmens** reningsverk beläget vid Munksjöns östra strand renar avloppsvatten från huvudparten av Jönköpings, Norrahammars, Tabergs och Barnarps tätorter. Till verket är idag anslutna drygt 60 000 pe (personekvivalenter), medan verket är dimensionerat för 95 000 pe. Rening sker på mekanisk, kemisk och biologisk väg.

Det renade avloppsvattnet förs normalt via en trätub förlagd i Munksjön över till en värmepumpanläggning på den västra stranden. Där sker en nedkylning av vattnet och en sammanblandning med pappersbrukets renade processvatten, varefter dessa via en utloppstub förs ned till botten av sjön. Vid vissa tillfällen, särskilt sommartid, förs reningsverkets avloppsvatten däremot ut via den gamla utsläppstuben vid östra stranden (se även en faktaruta längre fram i rapporten).

**Huskvarnas** reningsverk är beläget vid Huskvarnaån ca 500 meter från åns utlopp i Vättern. Verket renar avloppsvatten från de östligaste delarna av Jönköping samt från tätorterna Huskvarna, Tenhult, Hakarp, Gisebo, Kaxholmen, Skärstad och Ölmstad. Till verket är idag anslutna drygt 28 000 pe, medan verket är dimensionerat för närmare 43 000 pe. Rening sker även här på mekanisk, kemisk och biologisk väg.

Det renade avloppsvattnet förs via en rörledning till en värmepump-anläggning där vattnet kyls ner. Utsläppet sker därefter via en utloppstub i nedre Huskvarnaån. Sommartid sker ingen passering av värmepumpen, varför avloppsvattnet då istället släpps ut i ån i höjd med reningsverket.



Utsläppspunkten för det renade avloppsvattnet från Huskvarnas reningsverk är markerat med en stjärna. ©Lantmäteriverket Gävle, medgivande M2003/3339.

## Alternativa framtidsplaner

Frågan gäller hur den kommunala avloppsreningen för Jönköping- och Huskvarnaregionen ska lösas i framtiden. Belastningen är möjlig att öka på båda verken genom att bättre utnyttja den tillgängliga kapaciteten. Att ha reningsverken kvar på sin nuvarande plats kommer dock sannolikt att kräva bl.a. en inbyggnad av reningsdammarna.

Alternativ som utreds är:

- Nuvarande förhållanden fortsätter att gälla för båda reningsverken.
- Nuvarande förhållanden fortsätter att gälla, men avloppsvattnen förs samman till ett gemensamt utsläppspunkt.
- Avloppsvattnet från Huskvarnaområdet överförs för rening vid Simsholmen, vilket även det leder till ett gemensamt utsläppspunkt.
- Simsholmen eller båda verken förläggs istället på annan plats utanför tätorten.

Vad alternativa framtidsscenarier förväntas få för konsekvenser för vattenmiljön i området, diskuteras i det följande.

## Miljön i Munksjön

### I gamla tider

Naturligtvis kan vi inte med någon säkerhet uttala oss om hur miljöförhållandena såg ut förr i tiden. Om vi går riktigt långt tillbaka bör vattenkvalitén i sjön ha varit ungefär den vi finner idag i övre delarna av Tabergså, dvs relativt näringsfattigt med pH-neutrala förhållanden och ett relativt färgat vatten från humusämnen i avrinningsområdets marker. I takt med att jordbruket ökade på markerna söder om sjön, bör samtidigt tillförseln av näringsämnen ha ökat.

Eftersom Munksjön är ganska djup för sin storlek och har en grund tröskel ut mot Vättern, finns det naturliga förutsättningar för att bottenvattnet ibland isoleras från ytvattnet genom att ett s.k. temperatursprångskikt bildas i sjön. Därför är det inte osannolikt att syreförhållandena kan ha varit ansträngda i sjöns bottenvatten under delar av året även ”i gamla tider”. Men i så fall drabbades betydligt mindre del av bottenarna än idag, och också under väsentligt kortare tid av året (se nedan).

Då det fanns naturliga stränder och strandnära bottnar runt hela sjön bör Munksjön ha spelat en viktig roll som barnkammare för fisk i södra Vättern. Den egenskapen har sjön idag till stor del tappat.

## Dagens miljöförhållanden i sjön

Ur flera aspekter har Munksjön idag dåliga miljöförhållanden. Sjön belastas av ämnen som direkt eller indirekt förbrukar syrgas i sjöns vattenmassa.

Varje sommar och en del vintrar saknar delar av sjön därför syrgas. Vissa år är syrgasbristen utbredd från botten på 21 meters djup upp till 5 meters djup. Detta innebär att endast de övre 4-5 metrarna hyser förutsättningar för högre liv. Förhållandena förvärras av det sätt som avloppsvatten idag pumpas ner i sjön, bl.a. det från Simsholmens reningsverk.

En viktig källa för syreförbrukningen är den cellulosafiber som täcker delar av Munksjöns botten och som härrör från tidigare utsläpp från pappersbruket väster om sjön. Fibern förstör också förutsättningarna för växter och djur att etablera sig på bottenarna, samt innehåller förhöjda halter av kvicksilver. Allt eftersom fibern bryts ner sprids organiskt material och däri förekommande föroreningar till kringliggande bottenar, och även ut i Vättern. På grund av gasbildning vid fiberns nedbrytning kan ibland hela "kakor" av fiber flyta upp till sjöns vattenyta



*Uppflytande "kaka" från fiberbanken i Munksjön bestående av delvis nedbruten cellulosafiber täckt med ett tunt sedimentlager.*

Enligt en tidigare överslagsberäkning finns det ca 400 kg kvicksilver i fiberbanken och botten-sedimenten. Andra metaller som är förhöjda i Munksjöns bottenar är koppar och krom och i viss mån nickel och zink. Även olja förekommer i höga halter i delar av sjön och koncentrationen av det stabila och miljöfarliga ämnet PCB är 7-10 gånger högre i Munksjöns bottenar än i andra sjöar i länet.



*Oljehaltiga sedimentproppar från Munksjön. Närmare 0,5 % olja har uppmätts i centrala Munksjöns bottenar.*

*Den stabila organiska ämnesgruppen PCB (polyklorerade bifenyl) förekommer i flera s.k. kongener bland vilka vissa är mindre och andra mer giftiga. PCB-mönstret hos fisk tyder på att det finns en "lokal källa", som antagligen är sjöns egna sediment.*

*Några PCB liknar de mycket giftiga dioxinerna till utseende och funktion.*



Genom att syrgasen nästan helt tar slut under stora delar av året i Munksjöns djupare vattenmassor, finns det heller inte många djur som kan leva på dessa bottenar. Dessutom kan djursamhällena vara påverkade av metaller och olja m.m. Provfisken har visat att nästan ingen fisk påträffas i Munksjön på större djup än 5 meter.

Men i sjöns ytliga vattenlager över språngskiktet är miljösituationen förhållandevis bra. Här ser de bottenlevande djursamhällena normala ut, även om sammansättningen visar att sjön är påverkad av organiskt material och näringsämnen. Här lever också mycket fisk, minst 16 fiskarter har påträffats. Flera av dem fortplantar i sjön, t ex gös och abborre.

Genom att språngskiktet effektivt hindrar föroreningar från djupbottenarna att nå sjöns ytliga vatten, innehåller fisken i Munksjön inte nämnvärt högre halter av metaller och stabila organiska ämnen än andra närliggande sjöar. Det är egentligen endast då sjön cirkulerar (vår och höst då temperaturen är densamma i hela vattenmassan) som fisken exponeras för dessa ämnen. Samtidigt gör de näringsrika förhållandena att gifterna får mindre genomslag i sjöns ekosystem eftersom de "späds ut" i en miljö som är rikare på organismer.

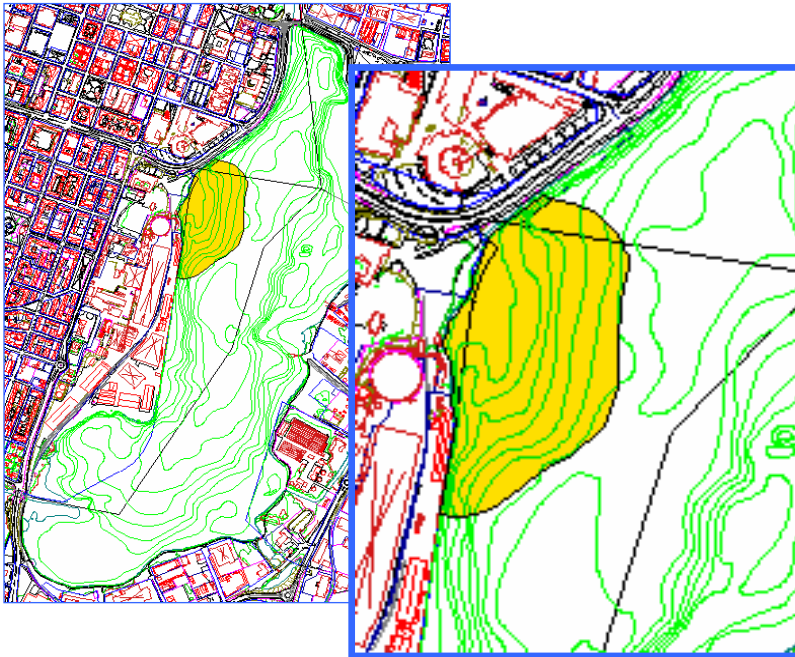
Men risken bedöms som stor för att Munksjöns bottenar idag fungerar som en källa för kvicksilver och stabila organiska ämnen till den näringsfattiga Vättern, där dessa ämnen förekommer i förhöjda halter i fisken. Länsstyrelsen har listat Munksjön som det vattenområde i länet som är mest angeläget att åtgärda.

## Miljön i framtiden –alternativa planers betydelse

### Sanering av sjöns botten eller inte

En avgörande fråga för hur ändrade utsläpp från reningsverket kan komma att påverka Munksjöns framtida miljöförhållanden är om de förorenade bottenarna kommer att saneras eller inte. En sanering kostar mycket pengar samtidigt som vissa verksamhetsutövare och myndigheter har olika syn på ansvarsfrågan och behovet. Därför är det idag oklart om en sanering verkligen kommer till stånd.

Vad som skulle behöva göras är först och främst att genom muddring avlägsna cellulosafibern i västra delen av sjön. Övriga bottenar kan det finnas andra åtgärdsalternativ för att förhindra att oönskade ämnen i bottenarna frigörs. Exempel på täckningsförfaranden är gasgenomsläpplig geotextil som överlagras med sand och sprängsten, eller geltäckning med ett konstgjort sediment.



*Enligt den senaste djupkarteringen 2002 är den gulmarkerade ytan täckt av ett varierande tjockt lager av cellulosafiber. Denna fiberbank upptar en yta på ca 7,3 ha.*

Efter en eventuell sanering av bottenarna genomförs, talar mycket för att en så nära kontakt som möjligt mellan bottenvatten och ytvatten i sjön bör eftersträvas. Om däremot ingen sanering kommer till stånd bör man istället i möjligaste mån isolera bottenvattnet från att komma i kontakt med ytvattnet. Detta påverkar såväl valet av framtida utsläppspunkter för det kommunala avloppsvattnet som miljökonsekvenserna av utsläppen.

## Fortsatt utsläpp till Munksjön

Utsläppet av renat avloppsvatten från Simsholmen sker mestadels via en tub gemensam med Munksjö pappersbruk. Tuben mynnar i Munksjön öster om fabriken på ca 15 m djup.

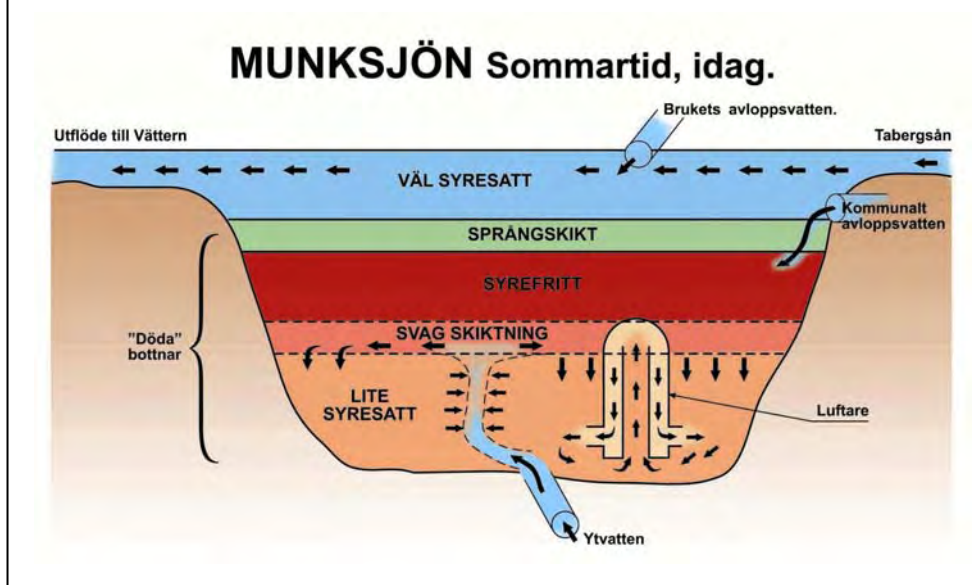
### OM DAGENS AVLOPPSVATTENUTSLÄPP TILL MUNKSJÖN

Innan avloppsvattnen från Simsholmen och pappersbruket förs ut i Munksjön finns det möjlighet att låta det sammanblandade vattnet passera en värmepump för att på så sätt utnyttja överskottsvärmen.

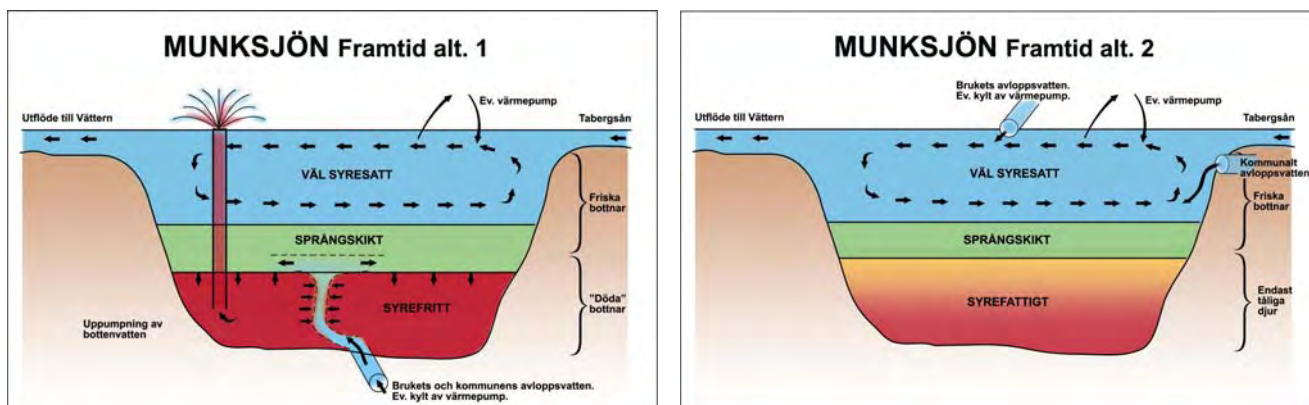
Men värmepumpen har en annan möjlig värmekälla, nämligen intag av ytvatten från Munksjön. Sommartid är detta av olika anledningar en bättre värmekälla för pumpen. Under senare år har därför avloppsvattenflödena kopplats bort sommartid och ersatts med ytligt sjövattnet, som efter att det passerat pumpen leds ut genom utloppsledningen på 15 m djup. När bortkopplingen sker, släpps avloppsvattnen istället ut i de gamla utloppen. Detta innebär att pappersbrukets avloppsvatten leds direkt ut i ytvattnet i kanten av den västra stranden, medan kommunens vatten släpps ut strax utanför den östra strandkanten på 3-4 meters djup.

Det sker ytterligare en pumpning av vatten i Munksjön. I sjöns djupaste del finns nämligen ett aggregat, som är tänkt att hjälpa till med syresättningen av vattnet. Aggregatet är igång under sommaren och tar in vatten nära botten som syresätts i en "plastsäcksbehållare" med luft från ett tryckluftsaggregat. Det syresatta vattnet återförs därefter till sjöns vattenmassa vid botten.

Av figuren nedan framgår schematiskt hur de olika vattenflödena leds ut i Munksjön sommartid. Den ständiga nedpumpningen av vatten till botten av sjön "lyfter upp" temperatursprångskiktet till en onormalt hög nivå på 4-6 meters djup.



I det fall Munksjöns botten saneras kan det vara lämpligt att fortsätta att släppa ut dessa avloppsvatten i botten av sjön. Men då måste man kombinera detta med att pumpa upp en motsvarande volym vatten till ytan av sjön för att inte orsaka en lyftning av temperatursprångskiktet (Alt 1 i figuren nedan).

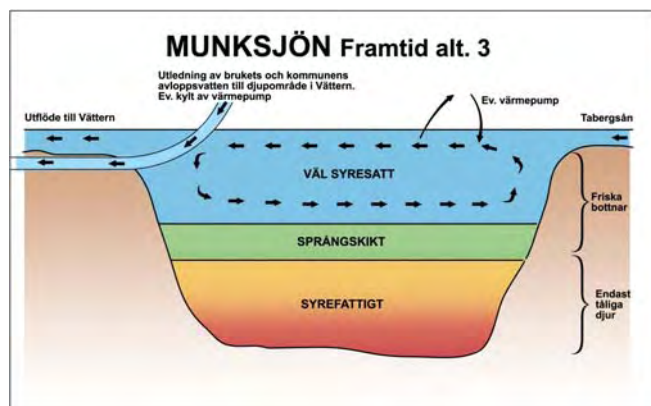


Några framtida alternativ med fortsatta avloppsutsläpp till Munksjön.

Om sjön inte saneras finns det mycket som talar för att bottenarna av sjön bör hållas så isolerade som möjligt. Inga utsläpp förs till botten av sjön under någon del av året (Alt 2 i figuren ovan). Detta bör fortgå till dess all fiber brutits ner och bottenarna täckts av sediment med låga föroreningshalter. Därmed minskar risken för föroreningar att spridas från bottenarna till den ”levande” delen av sjön i de ytliga vattenlagren, liksom till angränsande del av Vättern. Men samtidigt innebär det att man ”offrar” de djupare delarna av Munksjön.

### Utsläpp direkt till Vättern

En mer radikal förändring av utsläppsförhållandena skulle vara att leda ut renat avloppsvatten från såväl kommunen som pappersbruket i en tub till Vättern. Där skulle de mynna via ett stort antal perforeringar av tuben på stort vattendjup för bästa möjliga utspädning.



*Ett möjligt framtidsalternativ där både kommunens och pappersbrukets avloppsvatten förs ut via en tub till Vättern.*

# Vad blir miljökonsekvenserna för Munksjön och Vättern?

Det finns inget entydigt svar på frågan vilket utsläppsalternativ som är bäst eller sämst. Detta beror på om man kommer att sanera Munksjöns bottnar eller inte, hur man vill nyttja sjön i framtiden, hur effektiv den framtida avloppsvattenreningen blir m.m. Även principiella och politiska argument påverkar synen på olika utsläppsalternativs lämplighet.

## Om Huskvarnas avloppsvatten leds till Simsholmen

En annan parallell fråga är om kommunalt avloppsvatten från Huskvarna kommer att föras över och behandlas vid Simsholmen eller inte. Om så blir fallet kommer belastningen av närsalter och syreförbrukande ämnen via Simsholmens avloppstub att öka med ca 50 %. I räkneexemplen nedan har förutsatts att detta kommer att gälla för att därmed åskådliggöra ett ”värsta-fall” för Munksjön.

I ett senare delavsnitt berörs konsekvenserna av att Huskvarnas avloppsvatten leds ut som i dag i nedre Huskvarnaån. Man kan som redan nämnts även tänka sig att avloppsvattnen renas vid respektive reningsverk, men att de därefter förs samman i en gemensam avloppstub.

## Om Munksjöns bottnar inte saneras

Betydelsen av en eventuell sanering av bottarna har redan berörts. Det mesta pekar mot att bottarna i möjligaste mån bör isoleras om ingen sanering görs, dvs att inget avloppsvatten i detta fall förs ner under språngskiktet. De enda gångerna bottenvattnet oundvikligen kommer att blandas med ytvattnet är då i samband med sjöns årliga cirkulation vår och höst. Vid dessa tillfällen kommer lösta föroreningar från bottenvattnet att föras ut i Vättern.

Även om inget avloppsvatten släpps ut i botten av sjön, förväntas syret i bottenvattnet ta slut sommartid, men under en kortare tidsperiod än idag. Detta beror på den syrgasförbrukning som en fortsatt nedbrytning av cellulosafibern och bottensedimenten tillsammans orsakar, och på sjöns djupförhållanden. En positiv konsekvens är att syrebrist samtidigt ökar fastläggningsgraden av flertalet metaller till sedimenten.

Frågan är vilket utsläppsalternativ som i detta fall är bäst; att leda ut avloppsvattnen från kommunen och pappersbruket i Munksjöns ytliga vattenlager (Alt 2) eller via en gemensam tub ut i Vättern (Alt 3).

Förs avloppsvattnen ut i Munksjöns ytvatten finns (jämfört med om det förs ut direkt till Vättern) möjlighet till en viss ”eftersedimentering” av föroreningar i Munksjön innan vattnen når Vättern. Dock får man räkna med att temperatursprångskiktet kommer att vara mycket markerat under större delen av året och därmed i praktiken fungera som ett golv för sjöns

övre vattenlager. Detta förstärks av att pappersbrukets avloppsvatten håller en förhållandevis hög temperatur. Endast tyngre partiklar och relativt utspädda och saltrika avloppsvatten kommer att passera genom detta "golv".

Det kan även finnas en fördel i att Munksjön kan fungera som en "varningsklocka" för synliga utsläpp innan de når Vättern, eller som en uppsamlingsbassäng vid oförutsedda händelser i avloppsreningsverket eller pappersbruket. Vid en direkttub till Vättern skulle detta kunna lösas med att de gamla utsläppspunkterna till Munksjön finns kvar för att kunna användas vid extraordinära händelser.

Av ett räkneexempel nedan framgår att syrgasbufferten i ytvattnet, under islagda förhållanden då störst risk för ansträngda syreförhållanden kan befaras, är tillfredsställande i förhållande till tillförseln av syreförbrukande ämnen. Räkneexemplet är dessutom endast teoretiskt och marginalen i praktiken större eftersom nedbrytningshastigheten, och därmed syrgasförbrukningen, är låg vintertid.

#### RÄKNEEXEMPEL – SYRGAS OCH FOSFOR

Baserat på senare års utsläppsförhållanden görs följande överslagsmässiga beräkningar. Både Simsholmens och Huskvarnas kommunala avloppsvatten antas belasta Munksjön liksom avloppsvatten från pappersbruket. Alla utsläpp sker till sjöns ytliga vattenlager. Pumpningen av Vätternvatten via Rocksjön antas fortsätta. Fosfor förutsätts vara begränsande för alg tillväxt.

#### SYRETILLFÖRSEL OCH -FÖRBRUKNING

Samlade utsläpp av syreförbrukande ämnen som syrgas: ca 12 g/s (pappersbruket ca 45 % (BOD) och kommunen 55 % (BOD & NH<sub>4</sub>)).

Den enda delen av året som denna tillförsel av syreförbrukande ämnen skulle kunna leda till försämrade syreförhållanden i ytvattnet är vintertid under is och vid lågt vattenflöde i Tabergså.

Syreförbrukningen ska balanseras mot syretillförseln

- via Tabergså (syrehalt 10 mg/l & flöde 1,5 m<sup>3</sup>/s): 15 g/s

- via Rocksjön (syrehalt 11 mg/l & flöde 1,3 m<sup>3</sup>/s): 14 g/s

- via avloppsvatten (syrehalt 5 mg/l & flöde 0,6 m<sup>3</sup>/s): 3 g/s

Den sammanlagda syretillförseln är således närmare tre gånger större än den teoretiska förbrukningen.

#### GÖDNING

Samlade utsläpp av gödande ämnen som fosfor: ca 130 mg/s (pappersbruket ca 10 % och kommunen 90 %).

Den del av året då risken för oönskade gödningseffekter i form av algblooming etc är som störst är under sommaren vid lågt vattenflöde i Tabergså.

- antag fosforhalten 20 µg/l och flödet 0,5 m<sup>3</sup>/s i Tabergså

- antag fosforhalten 5 µg/l och flödet 1,3 m<sup>3</sup>/s i pumpvattnet från Rocksjön

Detta leder (efter utspädning i 0,5 + 0,6 + 1,3 m<sup>3</sup>) till en fosforhalt på ca 65 µg/l i sjöns ytvatten.

Däremot kan risken för oönskade gödningseffekter i Munksjöns ytvatten vid ett ytligt utsläppsalternativ inte negligeras. En fosforhalt på nivån 65 µg/l i Munksjöns ytvatten under vissa sommarförhållanden, som räkneexemplet

ovan indikerar kan förekomma, måste betraktas som en relativt hög näringshalt.

Det kan också läggas såväl estetiska som hälsomässiga aspekter på att föra ut såpass betydande avloppsvattenflöden i ytan av en stadssjö, även om de först genomgått rening.

En eventuell utledning av avloppsvattnen till Vättern diskuteras i ett senare delavsnitt.

## Om Munksjöns bottnar saneras

Skulle Munksjön inom en snar framtid genomgå en fullständig sanering av sina bottnar, dvs att både cellulosafibermassorna avlägsnas och djupbottnarna täcks på lämpligt sätt, blir situationen en annan. Då öppnas förutsättningarna för att åter föra ner de renade avloppsvattnen till botten av sjön. Men detta bör kombineras med en uppumpning av motsvarande mängd vatten till ytan (Alt 1) för att inte få ett onormalt högt språngskikt i sjön. Med de mängder syreförbrukande ämnen det är frågan i de samlade avloppsvattnen, får man även i detta fall räkna med syrebrist under språngskiktet under en del av året. Men det kommer sannolikt att vara under kortare perioder än idag. Samtidigt kommer viss mängd avloppsvatten att tillföras ytvattnet genom pumpningen.

Om man inte önskar att på detta sätt delvis ”offra” de djupare partierna av Munksjön genom att åstadkomma syrgasbrist under delar av året, finns även här möjlighet att välja alternativet med utsläpp i sjöns ytliga vattenlager enligt ovan.

En radikal variant kunde vara att kombinera ett bottennära utsläpp med en kraftig luftning av bottenvattnet. Luftningen måste i så fall vara väsentligt mycket kraftigare än den som idag åstadkommes av det befintliga aggregatet i sjön, vilket visat sig vara föga effektivt. Ett sätt att möjliggöra åstadkomma detta vore att utnyttja den luft som kommer att avlägsnas från en eventuell inbyggnad av reningsbassängerna vid Simsholmen i framtiden<sup>a</sup>.

---

<sup>a</sup> En eventuell inbyggnad av avloppsreningsverken motiveras av att den aerosolhaltiga luften från luftningen av bassängerna kan vara ohälsosam att inandas. I takt med att bostadsbyggnationen närmar sig reningsverksområdena samtidigt som mängden behandlat avloppsvatten ökar, ökar därför även behovet att minska spridningen av den aerosolhaltiga luften.

## RÄKNEEXEMPEL – FRAMTIDA LUFTNING AV SJÖN MED AEROSOLLUFT

Om Simsholmens reningsverk ska finnas kvar på sin nuvarande plats kommer det förmodligen att ställas krav på en inbyggnad av reningsbassängerna, i synnerhet om verksamheten utvidgas med Huskvarnas avloppsvatten.

Tanken har väckts att eventuellt kunna utnyttja ventilationsluften från dessa bassänger för att skapa en syresättning och omrörning av Munksjöns bottenvatten. Samtidigt skulle luftens aerosolinnehåll renas av sjövattnet. Utflödet skulle ske i botten av sjön i flera punkter, men något förslag till teknisk utformning har ännu inte tagits fram.

Det kan dock vara intressant att på teoretiska grunder jämföra den syrgasmängd som på detta sätt skulle tillföras sjön med den syrgasmängd som åtgår för att oxidera tillfört lättnedbrytbart material med tillfört avloppsvatten. Den tillförda luftmängden förväntas bli närmare 1 miljon m<sup>3</sup> luft per dygn.

Luft innehåller ungefär 21 % syrgas. Mer exakt upptar 1 mol syrgas en volym på ca 24 liter vid 20 °C. 1 mol syrgas väger 32 g. 1 m<sup>3</sup> luft innehåller därmed  $210/24 \cdot 32 = 280$  g syrgas. 1 miljon m<sup>3</sup> innehåller således ca 280 ton syrgas.

Tillförseln av syreförbrukande ämnen med nuvarande avlopp till Munksjön har grovt beräknats till motsvarande 60 ton syrgas per månad. Jämförs en inpumpning av närmare 300 ton syrgas per dygn med en förbrukning på ca 60 ton per månad finner man att endast knappt 1 % av syret behöver "nyttiggöras" för att syretäringen ska motverkas.

Av räkneexemplet ovan framgår att konceptet med en kraftig luftning av sjön med "aerosolluft" från reningsverket bör vara intressant att utreda närmare. Luften skulle kunna medverka till att både syresätta bottenvattnet direkt och lyfta vattnet till ytligare vattenlager där det kan syresättas på naturlig väg. En annan aspekt är att aerosolhaltig luft från reningsbassängernas avluftning härigenom renas i Munksjöns vatten. En nackdel av social natur med denna lösning är att Munksjön därmed blir mindre användbar för vintersporter i framtiden eftersom isläggning lär försvåras eller förhindras.

## Om avloppsvattnen leds direkt ut i Vättern

Om man med tanke på framtidsvisionen för Jönköping väljer att helt avlasta Munksjön från avloppsvatten, måste naturligtvis utsläppen ske någon annanstans. Det naturligaste blir då att föra ut de renade avloppsvattnen via en utloppstub till Vättern. Tuben skulle då lämpligen mynna på relativt stort vattendjup och avslutas med en perforerad diffusor för att därigenom åstadkomma en så god spridning som möjligt.

Vid en första anblick på detta utsläppsalternativ är det naturligt att ifrågasätta om det verkligen är lämpligt att belasta Vättern med dessa avloppsvatten. Men faktum är att detta sker redan idag, fast inte lika direkt.

Utsläppen från Huskvarna reningsverk når ganska snart den sydöstra delen av Vätterns strand efter utspädning i Huskvarnaån. Vid ytnära utsläpp i Munksjön blir förhållandena ungefär desamma för Simsholmens avloppsvatten, som efter viss utspädning passerar småbåtshamnen och därefter når det sydvästra strandområdet av Vättern. Vid bottennära utsläpp i



Munksjön kommer avloppsvatten, som lagras i sjöns bottenvatten under vintern, att i samband med våromblandningen i relativt koncentrerad form tillföras det strandnära ytvattnet i angränsande del av Vättern.

Den avgörande skillnaden ligger således i att utspädningen kommer att bli effektivare vid ett djupliggande utsläppsalternativ via en diffusor än vad som idag sker i de berörda vattendragen. Vidare blir det främst Vätterns centrala vattenmassa som påverkas i någon grad, medan det idag är de ytnära strandpartierna.

Vättern anses generellt sett lida brist på näringsämnet fosfor och får på detta sätt ett näringstillskott under kontrollerade former. Detta bidrar samtidigt till att minska tillgängligheten hos miljögifter för fisk i området. Vidare är syreförhållandena i Vättern sådana att ingen som helst risk för ansträngda syreförhållanden behöver befaras ens nära en diffusormynning.

Men det är inte enbart näringsämnen och syreförbrukande ämnen som ingår i ett kommunalt avloppsvatten, utan även exempelvis läkemedelsrester m.m. Också i detta avseende finns dock ingen anledning att befara någon nämnvärd försämring av en direktutledning jämfört med dagens utsläppsförhållanden, såvida inte dessa oönskade ämnen i betydande grad är kopplade till suspenderat material som kan tänkas sedimentera innan det når Vättern.

Något man måste vara uppmärksam på är att utloppet i Vättern inte hamnar i närheten av intagspunkten för Jönköpings dricksvatten med risk för försämring av detta som följd.

Baserat på nuvarande kunskap måste därmed detta utsläppsalternativ (Alt 3) anses vara det bästa av de tre diskuterade alternativen, framför allt för Munksjön och nedre Huskvarnaån men även för södra Vättern.



**DEL 4**



# Munksjön

Utredning gällande  
miljöstatus och  
påverkan av utsläpp från  
Munksjö Paper och  
SCA Hygiene Products



Fryksta 2008-12-16

Lennart Lindeström & Mats Tröjbom  
Svensk MKB

## Sammanfattning

Rapporten utgör en limnologisk-vattenkemisk utredning om Munksjön, som efterfrågats av Miljödomstolen i pågående mål om omprövning av tillstånd alternativt ändrade villkor för Munksjö Papers och SCA Hygiene Products gemensamma anläggning i Jönköping.

Med hjälp av en skapad matematisk syrgasmodell för Munksjön tillsammans med andra beräkningsförfaranden har analyserats hur olika reningsförfaranden och utsläppsstrategier påverkar miljön i Munksjön. På basis av definierade förutsättningar visar beräkningarna hur syrgashalt och fosforkoncentration i yt- och bottenvatten påverkas av om biologisk rening införs eller ej vid pappersbruket, om utsläppspunkten flyttas till sjöns ytvatten istället för, som nu, till bottenvattnet, om utsläppsstrategin från det kommunala reningsverket eller pumpstrategin från det intilliggande energibolaget förändras, respektive om Munksjön helt avlastas från avloppsvatten.

De olika beräkningsutfallen har därefter bedömts sett till risker för ansträngda syreförhållanden, oönskad algpåväxt respektive ökad exponeringsrisk för metaller och stabila organiska ämnen. I bedömningen har även ingått andra pågående utredningar som på olika sätt kommer att beröra den aktuella frågeställningen.

Bedömningen leder fram till följande rekommendationer:

- Så snart som möjligt bör beslutas att både pappersbrukets och avloppsreningsverkets renade avloppsvatten fortlöpande förs ut i sina gamla avloppsmynningar i ytan av Munksjön.
- All pumpning av vatten till Munksjöns botten bör upphöra.
- Limnoaggregatet stängs med omedelbar verkan.
- Tills vidare tas inget slutgiltigt beslut om biologisk rening av pappersbrukets avloppsvatten.
- En sådan reningsåtgärd kan miljömässigt endast motiveras om den samordnas med en samtidig kväverening av Simsholmens avloppsvatten där ämnen i respektive vatten kan nyttjas ömsesidigt.
- Beslut om en eventuell gemensam avloppstub direkt till Vättern kan tas först efter det att tidigare nämnda frågeställningar utretts och en teknisk, miljömässig och ekonomisk analys gjorts av pappersbruket och kommunen gemensamt.

# Innehåll

## SAMMANFATTNING

<b>1</b>	<b>BAKGRUND OCH UPPDRAG</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>MUNKSJÖN – ALLMÄNNA UPPGIFTER</b> .....	<b>4</b>
2.1	GEOGRAFISKT LÄGE .....	4
2.2	MUNKSJÖNS HISTORIA .....	4
2.3	SJÖNS NUVARANDE ANVÄNDNING.....	5
2.4	FRAMTIDSPLANER FÖR MUNKSJÖN .....	5
2.5	AKTUELLA UTREDNINGAR.....	6
<b>3</b>	<b>MUNKSJÖN – MORFOMETRI, FLÖDEN OCH MILJÖFÖRHÅLLANDEN..</b>	<b>7</b>
3.1	STORLEK, DJUP OCH VOLYM .....	7
3.2	VATTENFLÖDEN – OMSÄTTNINGSTID .....	9
3.3	VATTENKVALITET .....	10
3.3.1	<i>Pågående recipientkontroll</i> .....	10
3.3.2	<i>Registrerad vattenkvalitet</i> .....	11
3.4	SEDIMENTFÖRHÅLLANDEN.....	12
3.5	VÄXTER OCH DJUR .....	13
3.6	KOMMENTARER .....	13
<b>4</b>	<b>MATEMATISK MODELL FÖR MUNKSJÖN</b> .....	<b>13</b>
4.1	MODELLENS UPPBYGGNAD .....	14
4.2	FÖRUTSÄTTNINGAR OCH ANTAGANDEN FÖR MODELLEN .....	16
4.3	KALIBRERING OCH VALIDERING .....	18
<b>5</b>	<b>GIVNA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR UTREDNINGEN</b> .....	<b>20</b>
5.1	DEFINIERADE UTREDNINGSLTERNATIV .....	20
5.2	BEGRENSNINGAR .....	22
<b>6</b>	<b>TESTADE SCENARIER</b> .....	<b>22</b>
6.1	NOLLALTERNATIV – UTGÅNGSLÄGET (0) .....	22
6.2	BIORENING MED ELLER UTAN FLOTATION (A1/A2 & B).....	23
6.3	NY UTSLÄPPSPUNKT FÖR MUNKSJÖ (C) .....	24
6.4	KOMBINATION BIORENING OCH NY UTSLÄPPSPUNKT (D) .....	25
6.5	ANDRA ÅTGÄRDER (E1-E3) .....	26
6.5.1	<i>Inga ammoniumutsläpp från Simsholmen (E1)</i> .....	26
6.5.2	<i>All pumpning via värmepumpen upphör (E2)</i> .....	26
6.5.3	<i>Inga utsläpp till Munksjön (E3)</i> .....	28
6.6	OSÄKERHETSFAKTORER .....	29
6.7	MÖJLIG FRAMTIDA MODELLUTVECKLING.....	29
<b>7</b>	<b>MASSBALANSBERÄKNINGAR</b> .....	<b>30</b>
<b>8</b>	<b>FOSFORHALTER VID OLIKA ALTERNATIV</b> .....	<b>32</b>
<b>9</b>	<b>VAD ÄR BÄST FÖR MUNKSJÖN?</b> .....	<b>34</b>
9.1	GODA SYREFÖRHÅLLANDEN .....	34
9.2	LITEN ALGTILLVÄXT .....	35
9.3	LÅGA HALTER AV METALLER OCH STABILA ORGANISKA ÄMNEN.....	36
<b>10</b>	<b>VAD ÄR BÄST FÖR VÄTTERN?</b> .....	<b>38</b>
10.1	GODA SYREFÖRHÅLLANDEN .....	38
10.2	LITEN ALGTILLVÄXT .....	38
10.3	LÅGA HALTER AV METALLER OCH STABILA ORGANISKA ÄMNEN.....	39

<b>11</b>	<b>SLUTSATSER.....</b>	<b>40</b>
<b>12</b>	<b>AVSLUTANDE KOMMENTARER OCH REKOMMENDATION .....</b>	<b>40</b>
	<b>REFERENSER.....</b>	<b>43</b>

<b>Bilaga 1</b>	Matematisk beskrivning av sjömodell
<b>Bilaga 2</b>	Sifferunderlag till presenterade flödesfigurer



# Munksjön

## Utredning gällande miljöstatus och påverkan av utsläpp från Munksjö Paper och SCA Hygiene Products

### 1 Bakgrund och uppdrag

Bolagen Munksjö Paper AB och SCA Hygiene Products AB har gemensamt verksamhetsområde i Jönköping. Munksjö Paper tillverkar specialpapperskvaliteter medan SCA producerar mjukpapper. Processvattenöverskottet från båda företagen behandlas i en gemensam reningsanläggning, varefter det renade avloppsvattnet leds ut till recipienten.

Länsstyrelsen i Jönköpings län ansökte 2007-06-21 hos Miljödomstolen, Växjö Tingsrätt, om omprövning av tillstånd alternativt ändring av villkor gällande det gemensamma tillståndet för SCA:s och Munksjö Papers anläggningar i Jönköping.

Muntlig förberedelse och syn har hållits på bolagens anläggning. Miljödomstolen konstaterade att informationsunderlaget behövde kompletteras i fyra punkter inför domstolens fortsatta handläggning av målet (föreläggande 2008-01-17).

En av dessa punkter avser en limnologisk-vattenkemisk utredning om Munksjön, vilken redovisas i föreliggande rapport. Utredningen ska omfatta ”en bedömning av hur Munksjöns syrestatus/miljösituation inklusive eventuell påverkan på vattenkvalitet och biologiska produktionsförhållanden i Vättern skulle förbättras vid ett antal olika scenarier, nämligen:

- A. Vid en minskning av utsläppen från befintlig reningsanläggning av COD med 50 % och BOD med 75 % men med oförändrade närsalt- och SÄ-utsläpp.
- B. Som ovan men med ökade SÄ-, fosfor- och kväveutsläpp enligt vad som framgår av befintlig utredning.
- C. Genom enbart en ändring av utsläppspunkten för bolagens avloppsvatten från bottenutsläpp på 15 meters djup (via värmepump) till ytutsläpp (som sommartid idag) på årsbasis.
- D. Genom en kombination av A och C respektive B och C.
- E. Vad skulle andra åtgärder (minskning av ammoniumutsläpp från Simsholmen AR, bottenrensning, ändring av utsläppsstrategi för befintlig värmepump) innebära för förbättring av Munksjön.”

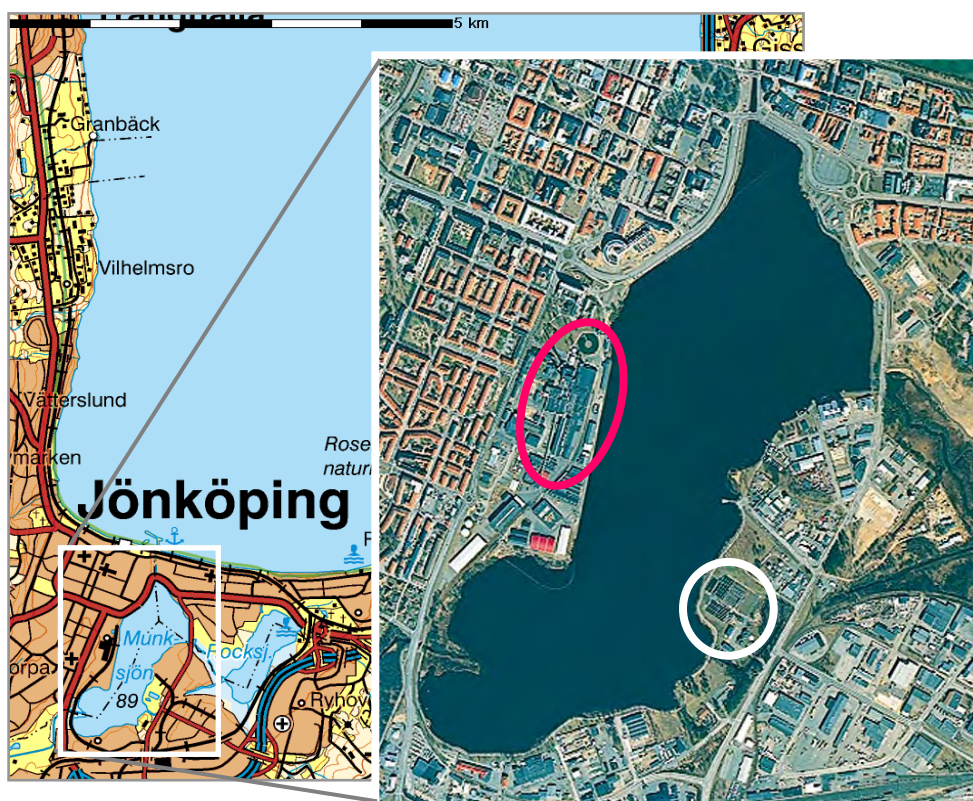
Med ”befintlig utredning” under punkt B. avses en översiktlig utredning som togs fram år 2004 med komplettering år 2007 kopplat till tidigare planer att ansöka om utökad produktion (se avsnitt 5.1).

Exemplen inom parentes under punkt E har tolkats som just exempel. Ytterligare en utsläppsvariant har utretts, nämligen ett eventuellt utsläpp gemensamt med Simsholmen via tub direkt till Vättern.

## 2 Munksjön – allmänna uppgifter

### 2.1 Geografiskt läge

Munksjön ligger omedelbart söder om Vättern. Sjön omgärdas av västra och östra delarna av Jönköpings tätort. Munksjö Papers och SCA:s anläggningar ligger vid Munksjöns västra strand (Figur 2-1 och omslagsfotot).



Figur 2-1. Munksjön vid södra Vättern. Flygfotot är från tiden före Munksjöbron tillkomst och utfyllnaden i NO. Munksjö Papers och SCA:s verksamhetsområde ligger väster om sjön (markerat med en röd oval) och Simsholmens avloppsreningsverk vid östra stranden (vit cirkel). ©Lantmäteriverket Gävle, medgivande M2003/3339.

### 2.2 Munksjöns historia

Under en stor del av Jönköpings historia har Munksjön haft viktiga funktioner för stadslivet. Medeltidsstaden på Väster hade visserligen ingen direkt kontakt med "lillsjön" som Munksjön då kallades, men i och med att staden flyttade till Sanden på Öster, kom bebyggelsen och stadslivet i direkt kontakt med Munksjöns vattenlinje<sup>1</sup>. Under hundratals år hade sjön en viktig roll som skyddad hamn och lastplats. Liv och rörelse präglade Munksjön och dess stränder ända fram till mitten av 1900-talet. Sjön var i hög grad en del av stadens liv. Där badade man, åkte båt till folkparken, spelade bandy mm.

Under andra hälften av 1900-talet förlorade dock Munksjön alltmer sin centrala roll i staden. Trafikleder byggdes och blev barriärer mellan sjön och staden i dess norra del. Sjön förlorade sin roll som hamn och lastplats.

Orenat kommunalt avloppsvatten släpptes ut i sjön fram till 1940 då kommunen byggde ett avloppsreningsverk vid sjöns östra strand, Simsholmen. Från pappersbruket gick orenat avloppsvatten ut i sjön fram till början av 1970-talet.

## 2.3 Sjöns nuvarande användning

Fortfarande utnyttjas sjön som recipient för avloppsvatten från kommunen och pappersbruket, men numera genomgår dessa vatten rening innan de släpps ut. Vissa föroreningstillskott kommer även med dagvatten som mynnar i olika delar av sjön.

Idag är utsläppen<sup>a</sup> av olika föroreningar en bråkdel av vad de var ett halvt sekel tillbaka. Men även dagens utsläpp påverkar miljöförhållandena i Munksjön, vilket beskrivs i senare avsnitt.

Munksjön används relativt flitigt även för andra aktiviteter, t.ex. för rodd och vattenskiidport. Den relativt goda förekomsten av fisk gör att intresset för sportfiske i sjön är stort med bl.a. metartävlingar. Då vinterförhållandena så tillåtit har man historiskt även anlagt motorbana och skridskobanor på sjöns is. En viktig ”användning” av Munksjön kan också den nyligen iordningställda vandringsleden runt sjön sägas vara, ”Hälsans stig”.

## 2.4 Framtidsplaner för Munksjön

Genom Högskolans utbyggnad i direkt anslutning till Munksjön och antagandet av Stadsbyggnadsvision 2.0 i oktober 2008<sup>2</sup> har kommunen i ökande grad fokuserat på Munksjön och dess betydelse för Jönköpings framtida utveckling. Tillkomsten av den nya bron och ny bebyggelse utmed sjön kommer att leda till att Munksjöns norra stränder får en betydligt större roll för staden än idag (Figur 2-2).

Visionen är att Munksjön kommer att bli en del av stadskärnan med uteserveringar, utvecklade promenad- och cykelstråk m.m. invid stränderna. Den urbana strukturen på Söder utvecklas vidare och stärks genom att staden successivt kommer fram till Munksjön. Den pågående utvecklingen av områdena kring norra delen av sjön pekar också på en möjlighet för en fortsatt utveckling av markerna kring hela Munksjön, dvs även de strandnära områdena söder om sjön (se framtidsvisionen i Figur 2-2).

Dessa framtidsplaner för Munksjön bör beaktas i denna utredning om konsekvenser för Munksjön och Vättern av alternativa renings- och utsläppsförfaranden från Munksjö Papers och SCA:s anläggningar.

---

<sup>a</sup> Från definierade punktkällor.



*Figur 2-2. Den nya bron och den planerade bebyggelsen längs Munksjöns norra stränder (ovan) samt en framtidsvision enligt Stadsbyggnadsvision 2,0 med bebyggelse kring hela Munksjön (vänster).*

## 2.5 Aktuella utredningar

Andra utredningar pågår som i varierande grad anknyter till denna utredning:

- Jönköpings kommun fortsätter med en vidareutveckling och fördjupning av Stadsbyggnadsvisionen 2,0 inom ett ramprogram. Där visas hur stadsutvecklingen kring Munksjön kan ske över lång tid och inom olika delområden.
- En central fråga i sammanhanget är hur den kommunala avloppsreningen för Jönköping- och Huskvarnaregionen ska lösas i framtiden. Alternativ som utreds är:
  - Nuvarande förhållanden fortsätter att gälla för båda reningsverken.
  - Nuvarande förhållanden fortsätter att gälla, men avloppsvattnen förs samman till en gemensamt utsläppspunkt.
  - Avloppsvattnet från Huskvarnaområdet överförs för rening vid Simsholmen, vilket även det leder till en gemensam utsläppspunkt.

En prövning hos Miljödomstolen av tillståndet för Simsholmens AR blir aktuell vid exempelvis en eventuell överledning av Huskvarnaområdets avloppsvatten till Simsholmen. Även frågan om eventuell kväverening kommer då att behandlas.

- En utredning pågår om behovet av undersökningar av Munksjöns sediment, eller snarare vilka undersökningar som bör genomföras för att få ökad kunskap om förekomsten av förorenade sediment i Munksjön. Syftet är att få ett aktuellt underlag inför en riskbedömning i enlighet med Naturvårdsverkets direktiv om åtgärder för att minska sedimentens innehåll av olika föroreningar. Undersökning av bottenarna beräknas slutredovisas under 2010.
- En kartläggning pågår inom Stadsbyggnadsvision 2,0 av förorenade områden kring Munksjön där den första redovisningen utkom i oktober 2008<sup>3</sup>. Likaså pågår en inventering i Länsstyrelsens regi av potentiellt

förorenade områden inom Munksjöns avrinningsområde. Bl.a. har framkommit att det finns ett stort antal äldre tippar, nedlagda industriområden m.m. inom Munksjöns avrinningsområde.

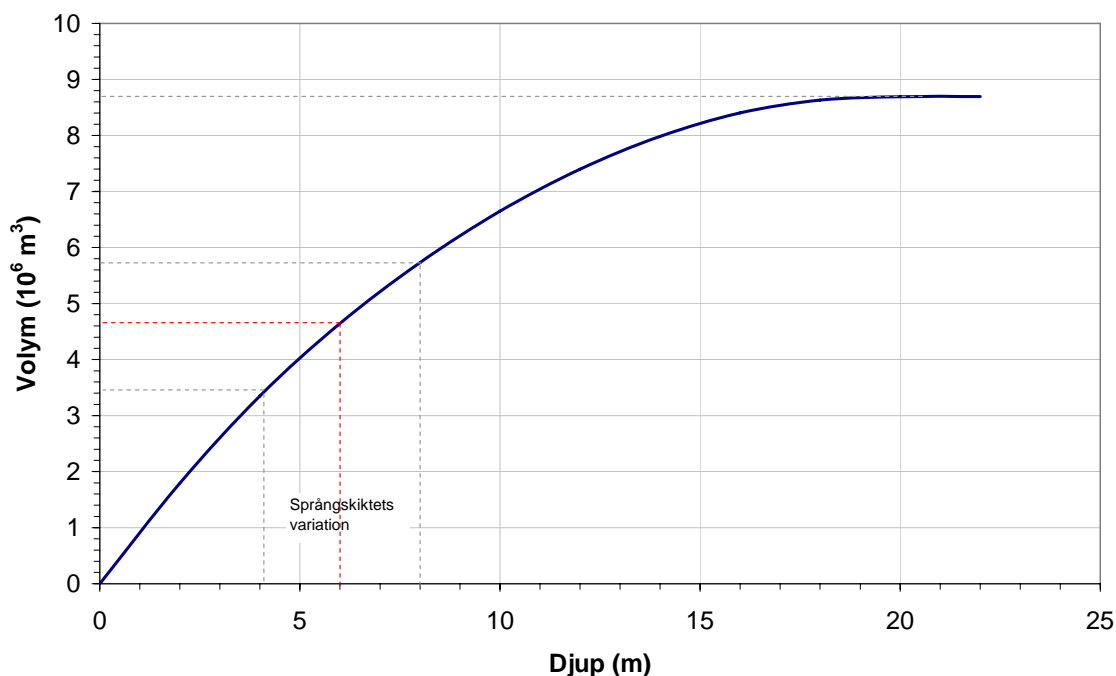
### 3 Munksjön – morfometri, flöden och miljöförhållanden

#### 3.1 Storlek, djup och volym

Den senaste djupkarteringen av Munksjön genomfördes i början av 2000-talet inför byggandet av Munksjöbron. Sedan dess har en utfyllnad gjorts av grundområdet vid det östra brofästet. En uppdaterad djupkarta har därför upprättats inom ramen för denna utredning (Figur 3-2). Baserat på djupangivelser, ytfördelningar m.m. har volymer beräknats för respektive djupnivåer enligt Figur 3-1. Enligt denna kurva är de genomsnittliga volymerna av ytvatten respektive bottenvatten ungefär lika stora om språngskiktets genomsnittliga nivå antas ligga på 6 meters djup. Den totala sjövolymen som beräknats från den uppdaterade djupkartan i Figur 3-2 är något mindre,  $8,7 \text{ Mm}^3$ , jämfört med en tidigare uppskattning på  $8,8 \text{ Mm}^3$ . Skillnaden mellan uppskattningarna beror sannolikt på att den här beräkningen tar hänsyn till utfyllnaden i Munksjöns nordöstra del.

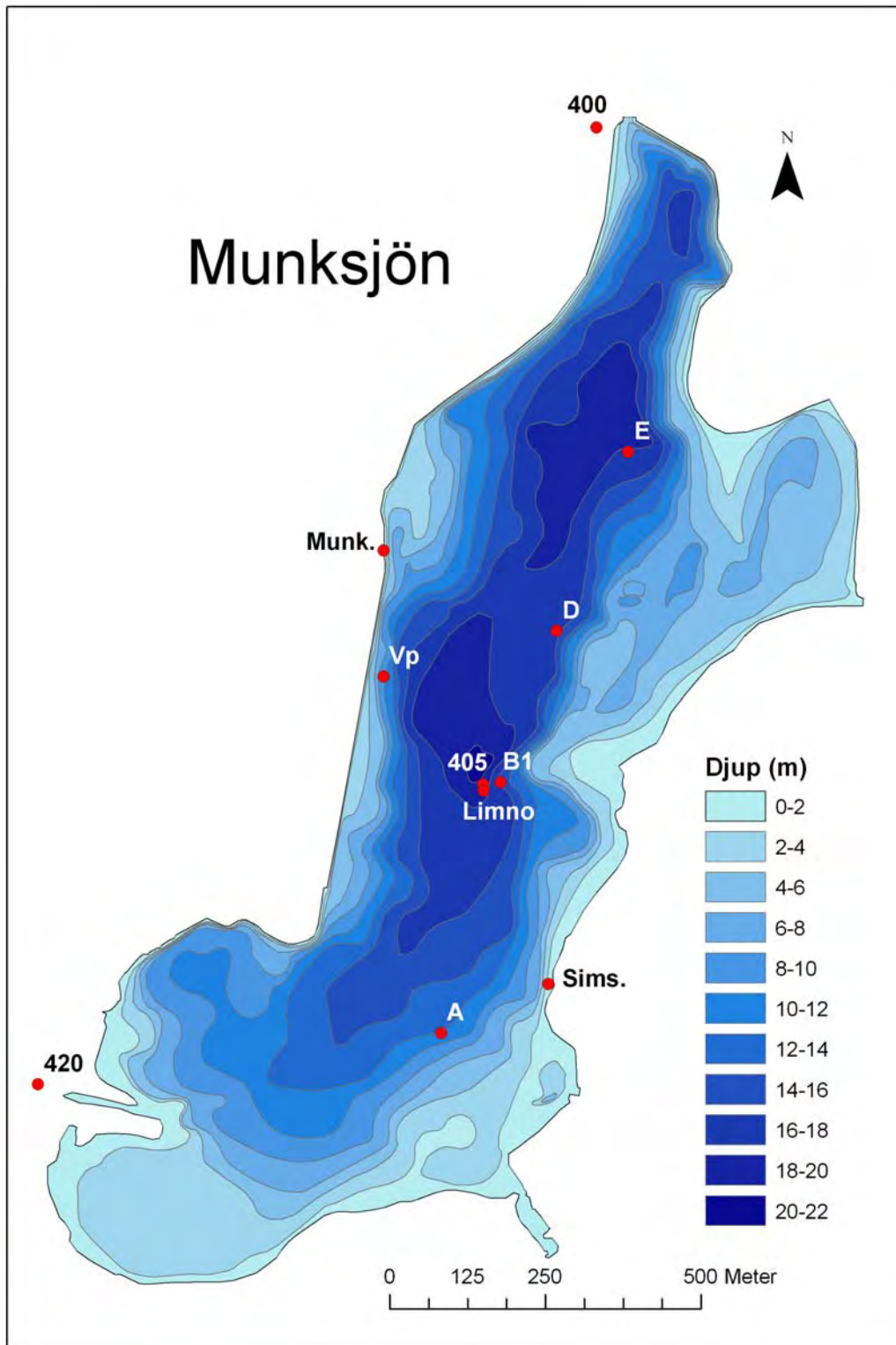
##### Basfakta om Munksjön

Avrinningsområde:	245 km <sup>2</sup>
Sjöyta:	0,943 km <sup>2</sup>
Sjövolym:	$8,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
Medeldjup:	7,9 m
Maxdjup:	22 m
Höjd över havet:	88,5 m



Figur 3-1. Volym- och djupkurva för Munksjön baserad på den korrigerade djupkartan. Språngskiktets genomsnittliga läge har uppskattats på basis av uppmätta syrgasprofiler (se Figur 3-4).

Basfakta om Munksjön redovisas i faktaruta. De nya beräkningarna leder till något annorlunda värden för yta, volym m.m. jämfört med tidigare publicerade uppgifter.



Figur 3-2. Aktuell djupkarta för Munksjön med provtagningsstationer, utsläppspunkter m.m. markerat (se texten).

### 3.2 Vattenflöden – omsättningstid

Vatten tillförs Munksjön från en rad källor. En ungefärlig bild av aktuella flödesmängder framgår av Tabell 3-1. Värt att notera är den betydande pumpningen av vatten från Vättern via Rocksjön, som i det närmaste uppgår till halva vattenflödet i Tabergsåån.

Tabell 3-1. Aktuella källflöden av vatten till och från Munksjön.

	M(m <sup>3</sup> )/år	Anm.
<b>Källor till Munksjön</b>		<b>a</b>
Tabergsåån	79	b
Dagvatten (orenat) + närområde	8,8	c & d
Vätternvatten via Rocksjön	39,6	e
Renade avloppsvatten från:		
Munksjö Paper & SCA	4,4	f
Simsholmens AR	11	f
<b>Flöde ut ur Munksjön</b>		
Sjöns utlopp till Vättern	143	g

a Ingen hänsyn har tagits till nederbörden direkt på sjöytan eller avdunstningen från densamma. Dessa storheter antas ungefär ta ut varandra.

b Enligt beräkningar av SMHI med den s.k. PULS-modellen

c Dagvattnet uppskattat enligt tidigare uppgifter från Jönköping kommun, Tekniska avdelningen.

d Tillrinning från omgivande marker baserat på specifik avrinning och uppgifter om avrinningsarealer enligt Svenskt Vattenarkiv<sup>4</sup>.

e Pumpning sker från Vättern, under början av 2000-talet ca 44 M(m<sup>3</sup>)/år. En del av detta (4,4 M(m<sup>3</sup>)) vatten utnyttjas som råvatten av Munksjö Paper & SCA.

f Avser genomsnittligt utsläpp av vatten under perioden 2000-2006

g Summan av källflödena till Munksjön.

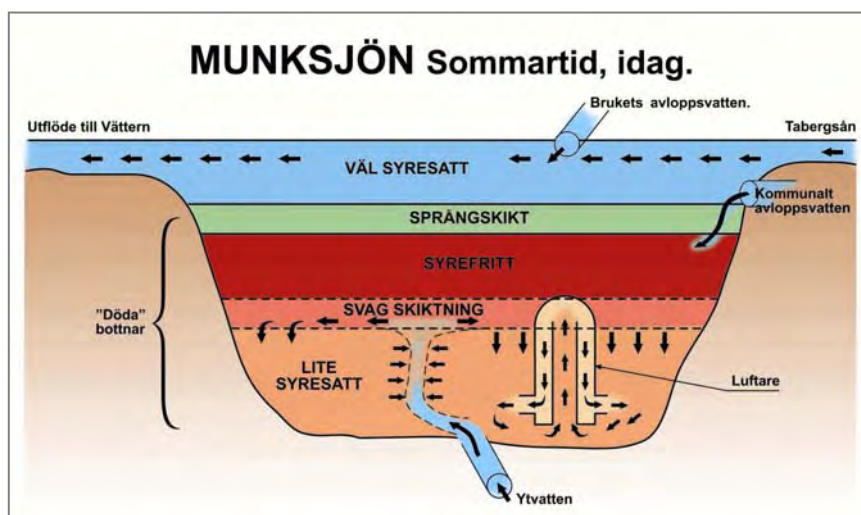
Dessutom sker ett onormalt internt flöde i sjön orsakat av pumpningar med olika syften. Innan de renade avloppsvattnen från Simsholmen och pappersbruket förs ut i Munksjön finns nämligen möjlighet att låta dem passera en värmepump för att på så sätt utnyttja överskottsvärmen. Därefter leds vattnen ut genom en utloppsledning som mynnar på 15 m djup (Vp i Figur 3-2).

Men värmepumpen har en annan möjlig värmekälla, nämligen intag av ytvatten från Munksjön. Sommartid är detta en bättre energikälla för pumpen. Under senare år har därför avloppsvattenflödena kopplats bort sommartid och ersatts med ytligt sjövattnet, som efter att det passerat pumpen leds ut genom samma utloppsledning på 15 m djup. När bortkopplingen sker, släpps avloppsvattnen istället ut i de gamla utloppen som mynnar ytligt i Munksjön ( se Figur 3-2). Detta innebär att pappersbrukets avloppsvatten leds direkt ut i ytvattnet i kanten av den västra stranden, medan kommunens vatten släpps ut strax utanför den östra strandkanten på 3-4 meters djup<sup>b</sup>.

<sup>b</sup> Under den period som studerats, 2000-2006, har enligt erhållna uppgifter i genomsnitt 0,63 m<sup>3</sup>/s pumpats genom värmepumpen ned till botten av Munksjön. De samlade utsläppen från Munksjö och Simsholmen har under perioden uppgått till 0,48 m<sup>3</sup>/s. Som genomsnitt har således minst 0,15 m<sup>3</sup>/s ytvatten passerat värmepumpen.

Det sker ytterligare en pumpning av vatten i Munksjön. I sjöns djupaste del finns nämligen ett aggregat (Limno), som är tänkt att hjälpa till med syresättningen av vattnet. Aggregatet är igång under sommaren och tar in vatten nära botten som syresätts i en "plastsäcksbehållare" med luft från ett tryckluftsaggregat. Det syresatta vattnet återförs därefter till sjöns vattenmassa vid botten.

Situationen i Munksjön sommartid återges schematiskt i Figur 3-3. Den ständiga nedpumpningen av vatten till botten av sjön "lyfter upp" temperatursprångskiktet till en onormalt hög nivå.



Figur 3-3. Schematisk beskrivning av nuvarande förhållanden i Munksjön sommartid (se texten).

### 3.3 Vattenkvalitet

#### 3.3.1 Pågående recipientkontroll

Kontrollen av Munksjön och dess till- och utflöde sker inom ramen för den samordnade miljöövervakningen av Vätterns tillflöden och södra Vättern<sup>5</sup>, samt av personal på Tekniska Kontorets VA-laboratorium på Simsholmen. Aktuella provtagningsstationer i Munksjön är markerade i Figur 3-2.

Provtagningar och andra mätningar görs med något olika intervall, men vanligtvis en gång varje eller var annan månad. I tillflödet Tabergsån liksom i utflödet från Munksjön bestäms såväl halter som beräknas transporter av flera ämnen. I Munksjön registreras framför allt syrgasförhållandena på varierande djup under olika delar av året. VA-laboratoriets mätningar är dock endast koncentrerade till djup mellan 9 och 17 meter.

Inom ramen för den samordnade recipientkontrollen undersöks även planktonfloran i vattenmassan och den makroskopiska bottenfaunans sammansättning, samt görs mätningar av metaller och stabila organiska föreningar i vissa fiskvävnader. Vissa år görs dessutom extra utredningar gällande speciella frågeställningar.



### 3.3.2 Registrerad vattenkvalitet

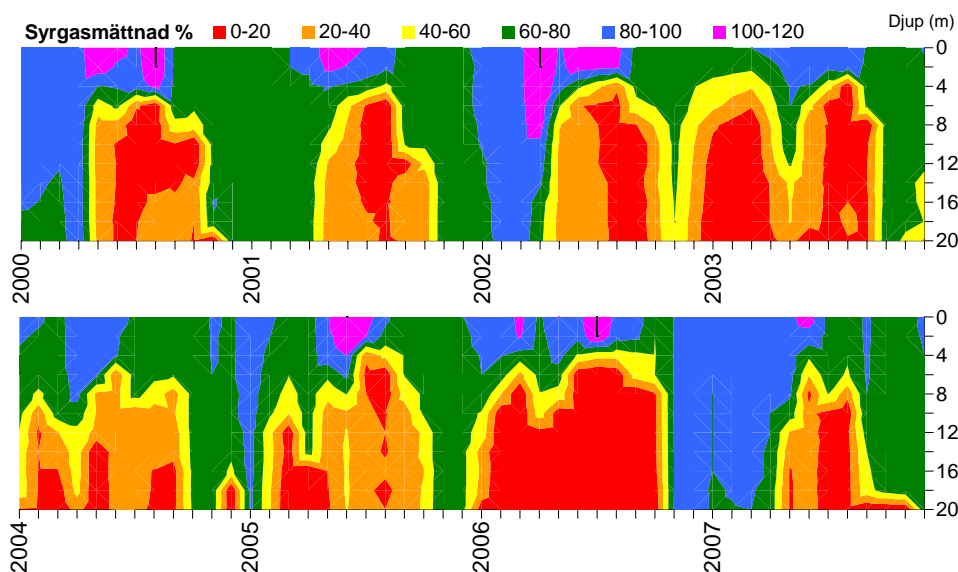
Mätningarna i Munksjön och dess utflöde visar på en mycket god buffertförmåga mot försurning (hög alkalinitet), ett relativt färgat vatten, förhållandevis litet siktdjup och en måttlig grumlighet<sup>6</sup>. Halten av närsalterna fosfor och kväve kan betecknas som hög respektive mycket hög. Bland närsalterna är det fosfor som generellt sett är styrande för produktionen.

Ur en aspekt är Munksjöns vattenkvalitet påtagligt dålig, nämligen avseende syreförhållandena i sjöns bottenvatten. Under det temperatursprångskikt som bildas i sjöns vattenmassa varje sommar och vinter har ofta mycket låga syrgashalter registrerats. I Figur 3-4 redovisas mätresultaten från den centrala delen av Munksjön för perioden 2000-2007 i form av vattnets syremättnadsgrad (se faktaruta).

#### OM VATTNETS GRAD AV SYREMÄTTNAD

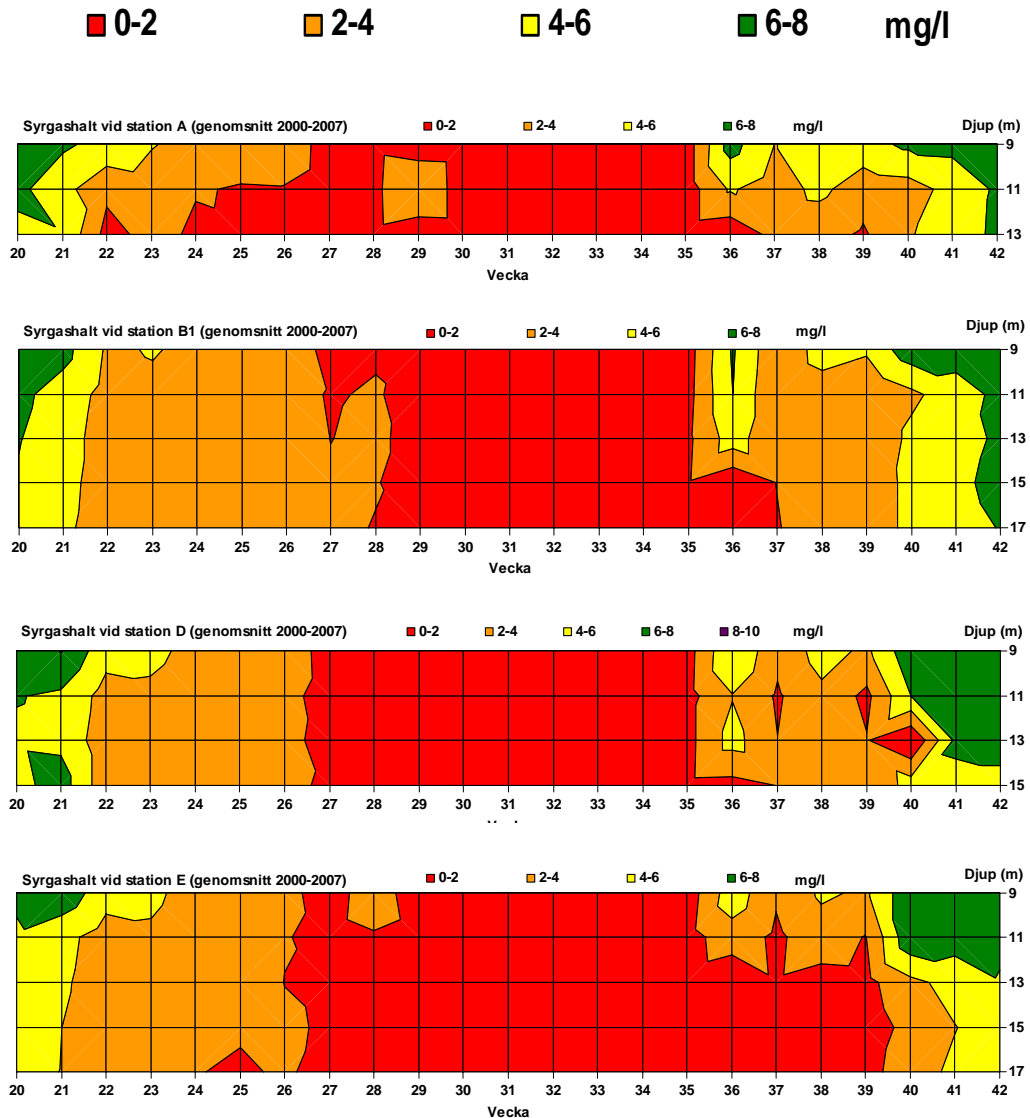
Vatten har en begränsad förmåga att binda syrgas. Denna förmåga är större hos kallt än varmt vatten. Vid 0 °C kan sötvatten exempelvis hålla en halt av 14 mg/l, men vid 20 °C endast 9 mg/l. I båda fallen anger man vattnets syremättnadsgrad till 100 %. Lägre syrehalter leder i båda fallen till lägre syremättnadsgrad. Syremättnadsgraden ger därmed ofta en mer korrekt bild av graden av påverkan från syreförbrukande ämnen än syrgashalten

Vissa år är syrgasbristen utbredd från botten på 21 meters djup upp till 5 meters djup. Detta innebär att endast de övre 4-5 metrarna vid dessa tillfällen hyser förutsättningar för högre liv. Limnoaggregatet, som ska syresätta bottenvattnet, ligger alldeles nära den centrala provtagningsstation som redovisas i Figur 3-4. Därmed kan konstateras att i stort sett ingen mätbar effekt har kunnat registreras i form av bättre syreförhållanden nära botten där aggregatet mynnar än i övriga sjön.



Figur 3-4. Vattnets syremättnadsgrad i en djupprofil i centrala Munksjön (stn 405) under 2000-2007.

Syrgasmätningar i VA-laboratoriets regi har omfattat fyra mätpunkter i olika delar av sjön (Stn A, B1, D och E enligt Figur 3-2), men endast ett begränsat djupintervall. Resultaten i form av medelhalter för perioden 2000-2007 presenteras i Figur 3-5. Av resultaten kan utläsas att syreförhållandena på nio meters djup och därunder är ungefär desamma över hela sjön.



Figur 3-5. Syreförhållandena på 9-17 meters djup i olika delar av Munksjön som medelhalter för vecka 20-42 under perioden 2000-2007.

### 3.4 Sedimentförhållanden

En viktig källa för syreförbrukningen är troligen den cellulosafiber som täcker delar av Munksjöns botten och som härrör från tidigare utsläpp från pappersbruket väster om sjön. Fibern förstör också förutsättningarna för växter och djur att etablera sig på bottnarna, samt innehåller förhöjda halter av kvicksilver. Allt eftersom fibern bryts ner sprids organiskt material och däri förekommande föroreningar till kringliggande bottnar.

Enligt en tidigare överslagsberäkning kan det finnas flera hundra kg kvicksilver i Munksjöns bottnar, varav ca hälften i fiberbanken. Andra

metaller som är förhöjda i Munksjöns botten är koppar och krom och i viss mån nickel och zink. Även olje- och fettliknande ämnen förekommer i höga halter i delar av sjön och koncentrationen av det stabila och miljöfarliga ämnet PCB är 7-10 gånger högre i Munksjöns botten än i andra sjöar i länet.

### 3.5 Växter och djur

Genom att syrgasen nästan helt tar slut under stora delar av året i Munksjöns djupare vattenmassor, finns det heller inte många djur som kan leva på dessa botten. Dessutom kan djursamhällena vara påverkade av metaller och olja m.m. Provfisken har visat att nästan ingen fisk påträffas i Munksjön på större djup än 5 meter.

Men i sjöns ytliga vattenlager över språngskiktet är miljösituationen förhållandevis bra. Här ser de bottenlevande djursamhällena normala ut, även om sammansättningen visar att sjön är påverkad av organiskt material och näringsämnen. Här lever också mycket fisk, minst 16 fiskarter har påträffats. Flera av dem fortplantar sig i sjön, t ex gös och abborre.

Planktonsamhället i Munksjöns vattenmassa (över språngskiktet) har vid undersökningar i augusti under senare år uppvisat en förhållandevis liten biomassa. Dominerande grupper (sett till biomassan) har varit rekyalger följt av kiselalger och guldalger. Antalet arter har varit lågt och artsammansättningen typisk för måttligt näringsrika sjöar<sup>7</sup>.

### 3.6 Kommentarer

Trots haltförhöjningar i Munksjöns bottensediment av kvicksilver innehåller fisken i Munksjön inte nämnvärt högre halter av denna metall än andra närliggande sjöar. En förklaring kan vara sjöns relativt höga näringsrikedom som motverkar höga kvicksilverhalter i fisk.

Farhågor har framförts att Munksjöns botten idag fungerar som en källa för kvicksilver och stabila organiska ämnen till den näringsfattiga Vättern, där dessa ämnen förekommer i förhöjda halter i fisken<sup>c</sup>. Denna risk kommenteras mer ingående i avsnitt 10.

## 4 Matematisk modell för Munksjön

En matematisk syrgasmodell har skapats för att försöka förstå vilka samband som styr dagens syreförhållanden i Munksjön, samt prognostisera vad som händer vid olika framtida förändringar av utsläppsstrategi och – mängder.

Med hjälp av en dynamisk (dvs tidsserier) syrgasmodell för Munksjön knyts uppgifter om vattenflöden, utsläppssiffror och sjöns fysikaliska/morfologiska

---

<sup>c</sup> Länsstyrelsen har listat Munksjön som det vattenområde i länet som är mest angeläget att åtgärda.

förutsättningar ihop. Modellen är mekanistisk till sin uppbyggnad, vilket innebär att de modellerade processerna i modellen är tänkta att avspegla de fysikaliska och kemiska processer som sker i verkligheten.

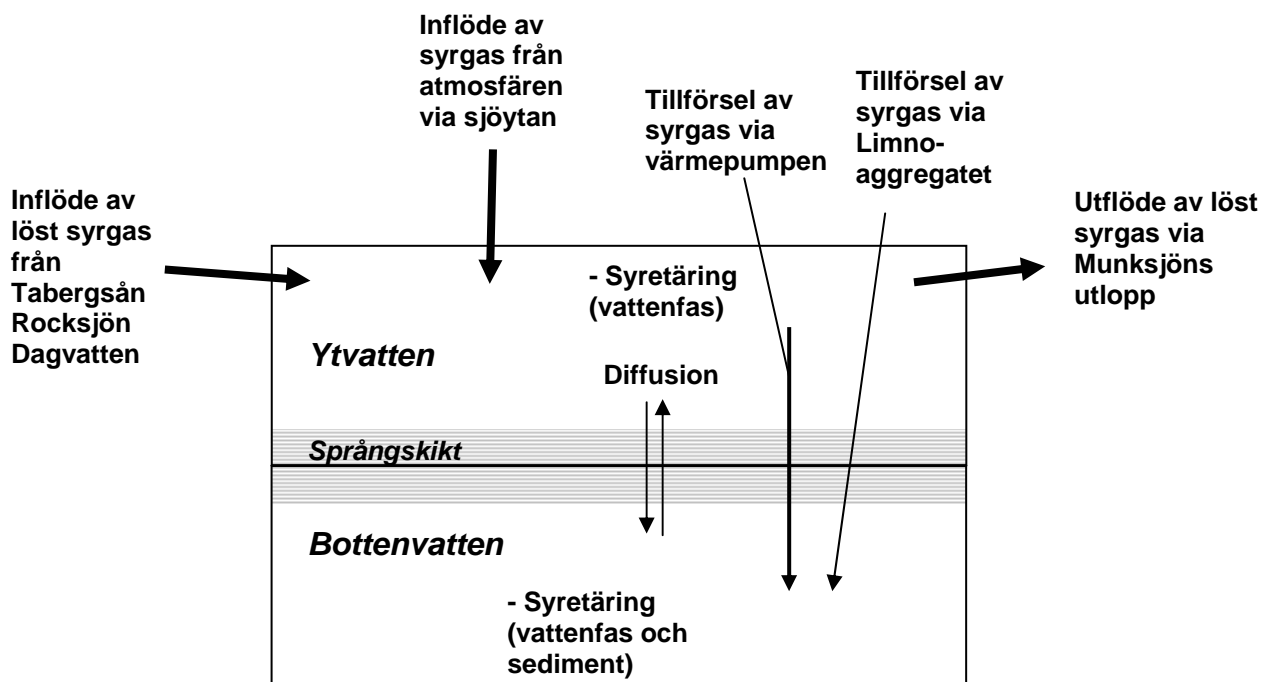
Modellen har kalibrerats med hjälp av ett antal fria parametrar mot observerade halter av syrgas och syretärande ämnen i yt- respektive bottenvatten. Vi har då funnit att modellen kan reproducera både absoluta haltnivåer och de variationsmönster som observeras över tiden, varför vi får anse det som troligt att de viktigaste styrande faktorerna är inkluderade i modellen.

Med hjälp av den kalibrerade modellen har sedan effekterna av olika scenarier studeras, till exempel responsen till följd av förändrad flödesregim eller förändrad föroreningsbelastning. Är förändringarna från tillståndet som modellen kalibrerats mot relativt små är det troligare att den modellerade responsen är relativt korrekt, medan mer omfattande förändringar kan leda till att de processer som ingår i modellen inte kan modellera den nya situationen på rätt sätt.

#### 4.1 Modellens uppbyggnad

Modellen kan beskrivas matematiskt med hjälp av fyra så kallade differentialekvationer som beskriver förändringarna per dygn i fyra ämnespooler: syrgashalt i yt- och bottenvatten, samt halten av syretärande ämnen i yt- och bottenvatten (se matematisk beskrivning i Bilaga 1). Termerna i dessa ekvationer representerar olika flödesvägar eller processer som flyttar ämnena mellan poolerna eller ut ur systemet (t.ex. att de spolas ut i Vättern eller fastläggs i sedimenten).

Modellen kan också beskrivas grafiskt enligt figurerna nedan. I Figur 4-1 redovisas poolerna av löst syrgas i yt- respektive bottenvatten som lådor. Dessa vattenvolymer avgränsas av ett språngskikt som förhindrar direkt cirkulation förutom vid vår- och höstomblandningen, men som annars medger tvåvägstransport genom diffusion.

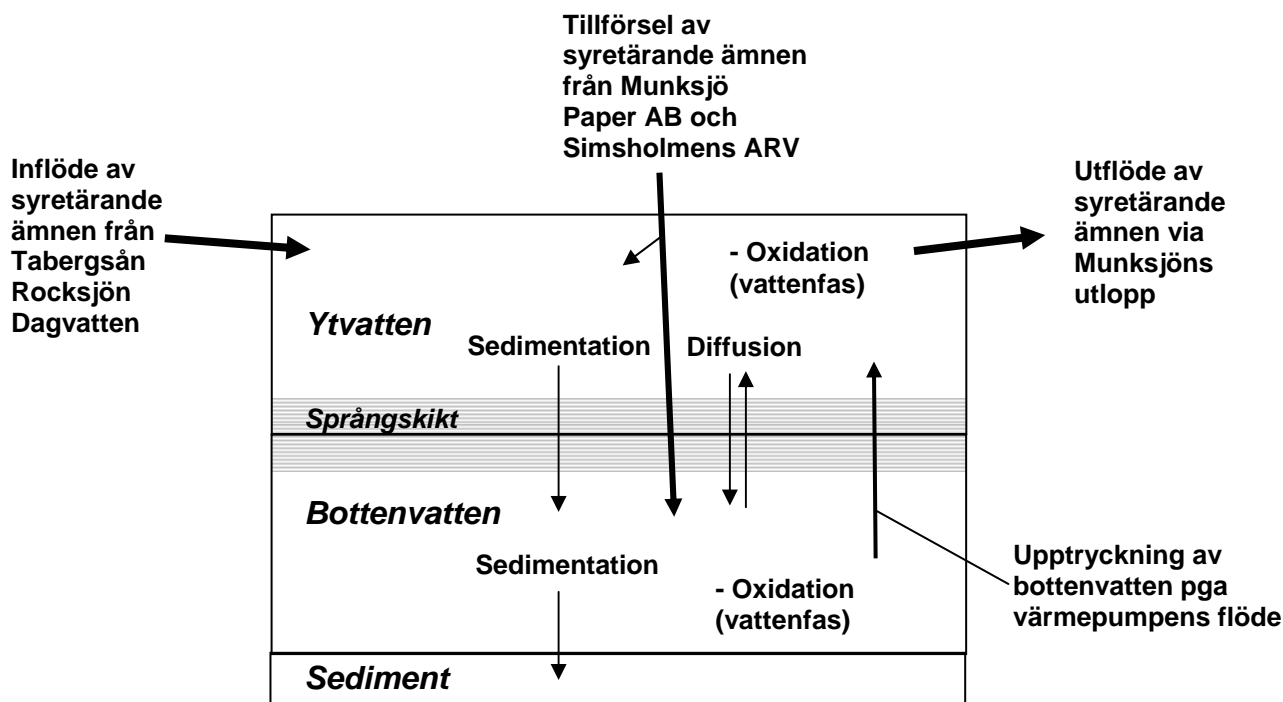


Figur 4-1. Grafisk beskrivning av poolerna av löst syrgas i Munksjön samt de processer och flöden som förändrar koncentrationen i poolerna.

Följande flöden/processer ingår i modellen:

- + Inflöde av löst syrgas från Tabergsås, Rocksjön och dagvatten från närområdet.
- + Inflöde av syrgas från atmosfären via sjöytan.
- + Tillförsel av syrgas via limnoaggregatet.
- + Tillförsel av syrgas via värmepumpen (dels från ytvatten, dels från utsläppen från Munksjö och Simsholmens ARV)
- - Utflöde av löst syrgas via Munksjöns utlopp.
- ± Diffusion av syrgas via språngskiktet (i riktning mot den lägre koncentrationen).
- - Syretäring på grund av oxidationen av organiskt kol och ammoniumkväve.

I Figur 4-2 redovisas istället poolerna av syretärande ämnen i yt- respektive bottenvatten som lådor. Liksom ovan avgränsas dessa vattenvolymer av ett språngskikt som förhindrar direkt cirkulation förutom vid vår- och höstomblandningen, men som annars medger tvåvägstransport genom diffusion och nedåttransport via sedimentation av partikulärt material.



Figur 4-2. Grafisk beskrivning av poolerna av syretärande ämnen i Munksjön samt de processer och flöden som förändrar koncentrationen i poolerna. I "Munksjö Paper AB" inbegrips fortsättningsvis även SCA.

Följande flöden/processer ingår i modellen:

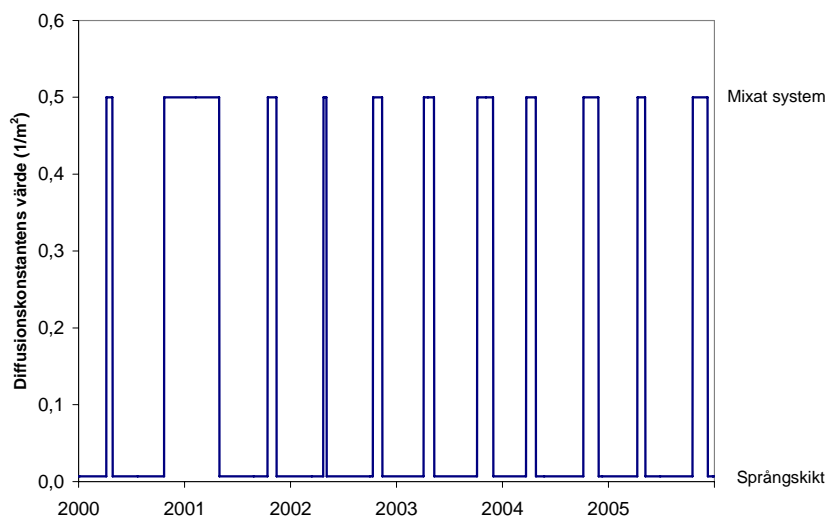
- + Tillförel av syretärande ämnen från Tabergsån, Rocksjön och dagvatten från närområdet.
- + Tillförel av syretärande ämnen från Munksjö och Simsholmens ARV.
- - Utflöde av syretärande ämnen via Munksjöns utlopp.
- ± Transport av syretärande ämnen från bottenvatten till ytvatten på grund av värmepumpens tillförel till bottenvattnet.
- ± Transport av lösta syretärande ämnen via diffusion över språngskiktet (i riktning mot den lägre koncentrationen).
- - Sedimentation av partikulärt material från ytvatten till bottenvatten.
- - Sedimentation av partikulärt material från bottenvatten till sediment.
- - Oxidation av organiskt kol och ammoniumkväve (inkluderande syretäring i sedimenten).

## 4.2 Förutsättningar och antaganden för modellen

Modellberäkningen bygger på en mängd antaganden som är mer eller mindre säkra. Dessa listas nedan:

- Språngskikt bildas när temperaturen understiger 4,2 grader eller överstiger 10 grader (se Figur 4-3).
- Isläggning antas ske när vattentemperaturen understiger 1°C, vilket förhindrar tillförel av syrgas direkt från atmosfären.
- Limnoaggregatet är aktivt mellan maj-oktober

- Primärproduktion sker i Munksjön när temperaturen hos vattnet överstiger 4 °C. Primärproduktionen antas generera en konstant mängd syretärande ämnen per dygn under tillväxtsäsongen.
- Vid syrgashalter understigande 0,5 mg/l sker ingen ytterligare oxidation av ammonium eller organiskt kol.



Figur 4-3. Diffusionskonstantens variation över tidsperioden 2000-2005. Denna konstant avgör om systemet är mixat eller skiktat, baserat på ett temperaturvillkor (språngskikt bildas när temperaturen understiger 4,2 grader eller överstiger 10 grader i Munksjöns ytvatten).

Flera uppgifter (parametervärden) har hämtats från litteraturen eller andra modellberäkningar. Dessa listas nedan:

- Vattenvolym för olika djupintervall användes för att uppskatta volymerna av ytvatten- och bottenvatten.
- Sedimentationshastighet (kalibrerat värde)
- Diffusionskonstant (empiriskt värde)
- Syretäringspotential i sedimenten<sup>d</sup>
- Tillförsel av syretärande ämnen via Rocksjön (mätningar av TOC + omräkning)
- Tillförsel av syretärande ämnen via dagvatten från närområdet (schablonberäkning från Jönköpings kommun baserad på Larm et al.<sup>8</sup>)
- Vattenflöde via Rocksjön (uppgift från Jönköpings kommun)

Några variabler är uppskattade utifrån andra variabler med hjälp av omvandlingsfaktorer. Dessa listas nedan:

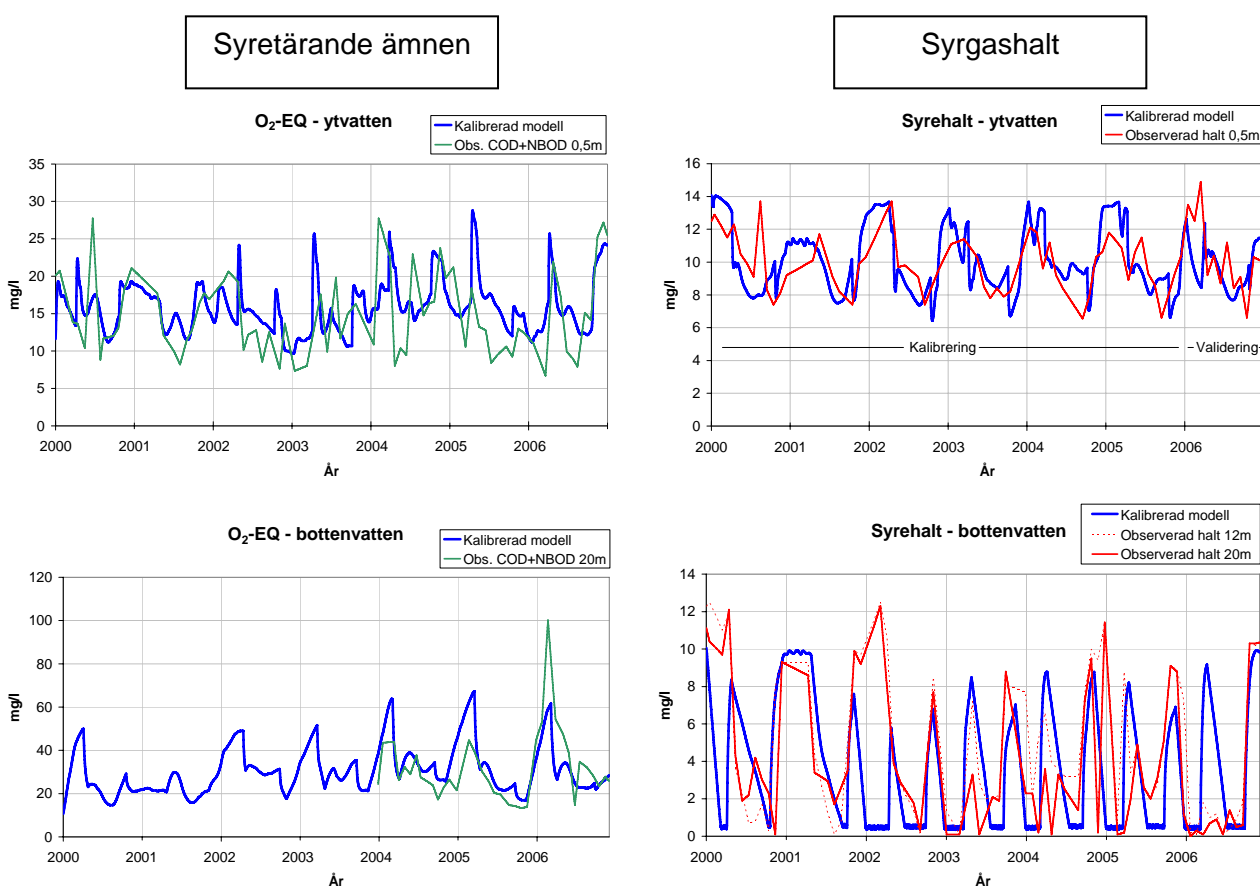
- TOC till COD i naturvatten ( $COD=2,67*0,5*TOC$ )
- $NH_4-N$  till  $N_{BOD}$  i naturvatten ( $N_{BOD}=4,57*NH_4-N$ )

<sup>d</sup> De refererade värdena i litteraturen för sedimentens syretäring har måst halveras för att modellen skulle kunna fungera. I annat fall får sedimenten en oproportionerligt stor betydelse. Sedimentens syretäringsförmåga är en av de osäkerhetsfaktorer som måste framhållas.

### 4.3 Kalibrering och validering

Ett antal fria parametrar har kalibrerats så att haltnivåer och variationsmönster i modellens pooler överrensstämmer så bra som möjligt med observerade halter. Vid kalibrering tas hänsyn till att både medelnivåer och max- respektive miniminivåer för samtliga fyra variabler som beskriver syrgashalt i yt- och bottenvatten, samt halten av syretärande ämnen i yt- och bottenvatten.

Utgångspunkten har varit uppmätta halter i vatten på olika djupnivåer i Munksjön under perioden 2000-2005. I Figur 4-4 framgår resultatet av kalibreringen för halterna av syrgas i yt- och bottenvatten respektive halten av syretärande ämnen i yt- och bottenvatten. En validering av modellen har därefter gjorts på basis av mätuppgifter m.m. för år 2006<sup>c</sup>.



Figur 4-4. Modellerade halter (blå kurva) jämfört med uppmätta (observerade) halter (röda & gröna kurvor). Halt av syreförbrukande ämnen (O<sub>2</sub>-EQ) respektive syrgashalten i yt- och bottenvatten. Kalibreringsperiod: 2000-2005, valideringsperiod: 2006.

Som framgår av figuren följer de modellerade kurvorna medelnivån för de observerade halterna förhållandevis väl. Däremot är överrensstämelsen mellan variationsmönstren ibland inte tillfredställande. Detta kan bero på att modellen inte inkluderar alla de faktorer som påverkar halterna i yt- och

<sup>c</sup> Anledningen till att inte år 2007 tagits med i modellen är att uppgifter om vattenflöden saknas för detta år.



bottenvatten, till exempel vindpåverkan, extraordinär tillförsel vid kraftiga regn osv. Avvikelserna kan också bero på att processer i modellen sker momentant, medan de i verkligheten är mer utdragen. Exempelvis ger upplösningen av temperatursprångskiktet i modellen ”spikar” som inte har någon motsvarighet i de observerade halterna. Det senare kan också bero på att extremvärdena som modelleras inte fångas upp i de månatliga mätningarna.

Kalibreringen och valideringen leder ändå till bedömningen att modellen med acceptabel överensstämmelse återspeglar de faktiska förhållandena i Munksjön över den aktuella tidsperioden.

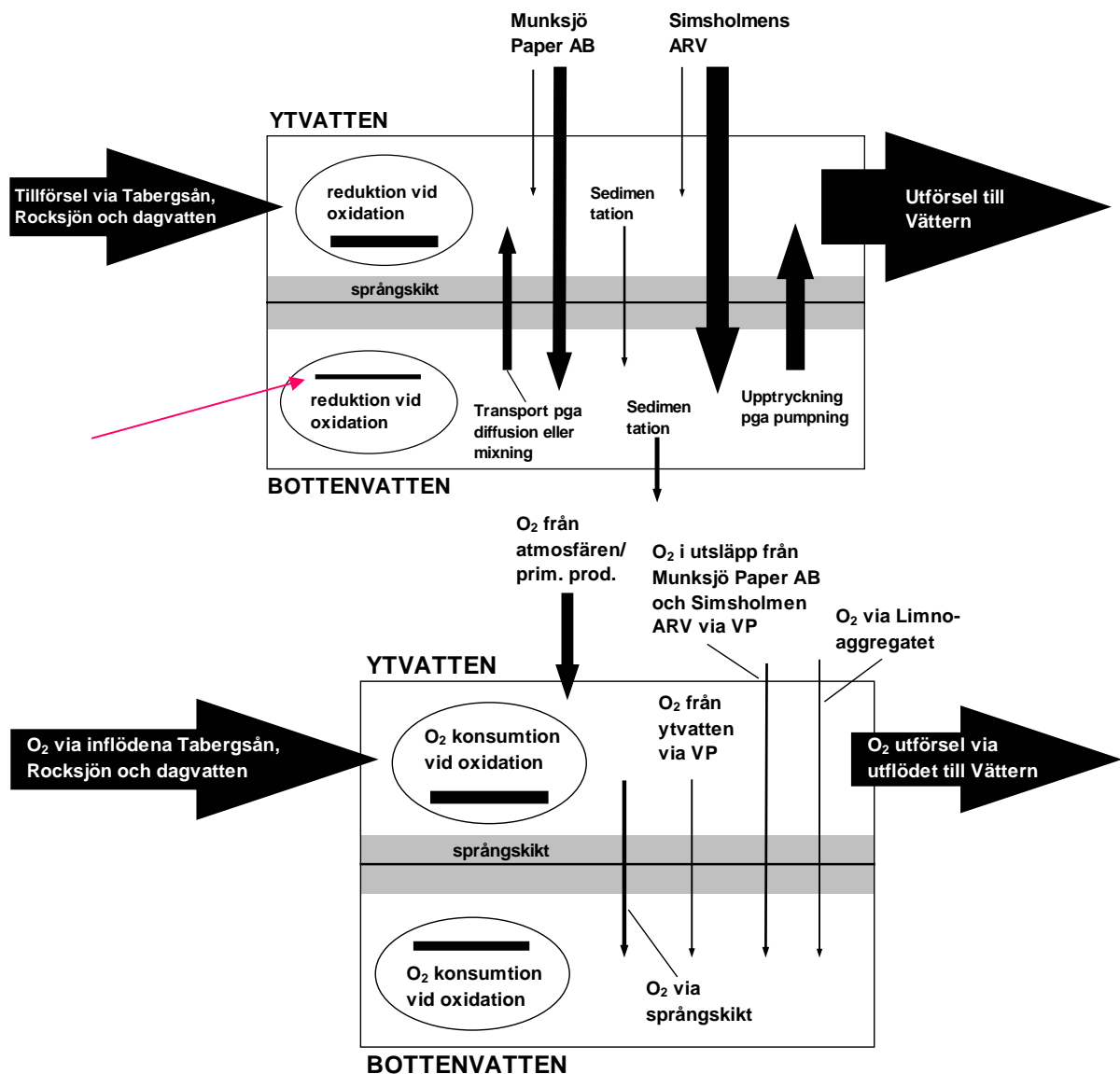
I Figur 4-5 presenteras två flödesbilder som modellen resulterat i. Den övre visar flöden av syretärande ämnen (syreförbrukande organiskt material och ammoniumkväve) vid de förhållanden som i realiteten rått under den första sexårsperioden av 2000-talet. Det gäller inte bara utsläpp från Munksjö och Simsholmen utan även tillförsel och uttransport av ämnen via vattendraget, pumpningsförfaranden (via Rocksjön och värmepumpen) m.m. Den nedre bilden visar motsvarande flöden av syrgas under samma period.

Värt att notera är de uppåtgående pilarna i den övre figuren som visar det uppåtgående flödet av syreförbrukande ämnen från bottenvattnet till ytvattnet. Dessa flöden orsakas av diffusion genom språngskiktet, mixning av yt- och bottenvattnet varje vår och höst, och framför allt av den upptryckning av bottenvatten som i sin tur är orsakat av den nedpumpning av avloppsvatten som sker. Flödet av vatten från botten till ytan är som synes nästan lika stort som från ytan till botten. *Nästan allt avloppsvatten som pumpas ner i sjöns bottenvatten når således förr eller senare ytvattnet<sup>f</sup>.*

Lägg även märke till linjen som representerar reduktionen av syreförbrukande ämnen i bottenvattnet (markerad med en röd pil i Figur 4-5). Tjockleken på linjen visar hur mycket (”lite”) av den samlade mängden syreförbrukande material som förbrukas i förhållande till de flöden som sker till och från bottenvattnet. Jämförelsen är intressant i så måtto att senare prognoser i avsnitt 6 kommer att visa att det är ett stort överskott av syreförbrukande ämnen i bottenvattnet i förhållande till den syreförbrukning som kan ske. En viss ytterligare tillförsel, eller reduktion av förekomsten av syreförbrukande ämnen i bottenvattnet påverkar därför inte nämnvärt syreförhållandena (se även fotnot h). Sifferunderlag till dessa och senare presenterade flödesfigurer finns i Bilaga 2.

---

<sup>f</sup> Den teoretiska uppehållstiden för vattnet i Munksjöns bottenvatten är 75 dygn vid nuvarande förhållanden. Det bör även påpekas att avloppsvatten inte pumpas ner till Munksjöns botten sommartid, då utsläppen istället sker till ytvatten.



Figur 4-5. Flöden av syreförbrukande ämnen och syrgas i Munksjön enligt modellen som genomsnitt för de förhållanden som rått under perioden 2000-2005.

## 5 Givna förutsättningar för utredningen

### 5.1 Definierade utredningsalternativ

En central utgångspunkt för denna utredning har varit Munksjö Papers tidigare redogörelse enligt förordningen SFS 2004:989 (2005-05-16)<sup>9</sup> med kompletteringar (2007-04-16)<sup>10</sup>. Redogörelserna ifråga baseras på den tänkta produktionsnivån 45 000 ton papper per år, vilket är den nivå bolaget hade planer att söka tillstånd för år 2002.

De uppgifter om beräknade emissioner vid alternativa reningsförfaranden som presenteras i nämnda redogörelser är övervärderade genom att de representerar en produktionsnivå som inte längre är aktuell.

Emissionsvärdena har därför korrigerats att istället gälla maximal produktionsnivå vid nuvarande produktionskapacitet, 24 000 ton/år

(gällande tillstånd: 30 000 ton/år) på basis av emissionerna vid dagens produktionsnivå (16 500 ton år 2007).

Korrigeringen har bl.a. gjorts med ledning av beräknat utgående vattenflöde vid respektive produktionsnivå och de koncentrationer av respektive ämne som anges i tabeller i nämnda redogörelser<sup>§</sup>. Resultatet av korrigeringen presenteras i Tabell 5-1 som därmed utgör de utsläppta mängder som testats i modellen.

Utredningsförutsättningarna har inte varit helt klargörande gällande alternativ A. Förmodligen har Miljödomstolen avsett den emissionsberäkning i nämnda redogörelser från ÅF som baseras på införande av biorening + kemisk fällning i en ny flotationsanläggning. Men uppgifter i redogörelserna gällande förväntade koncentrationer av SÄ och närsalter leder till något avvikande utsläpp än givna förutsättningar i Miljödomstolens föreläggande gällande alternativ A. Därför har detta alternativ delats upp i två delar, A1 och A2 (se anmärkning a och b till Tabell 5-1).

Tabell 5-1. Nuvarande och beräknade medelemissioner vid framtida reningsalternativ enligt givna förutsättningar (se texten). Beräkningen baseras på 2007 års produktionsnivå och genomsnittlig mängd utsläppt vatten efter rening (9 610 m<sup>3</sup>/d) samt avser driftdygn (totalt 320 per år).

kg/d	COD	BOD <sub>7</sub>	SÄ <sub>GF/A</sub>	Tot-P	Tot-N	Anm.
2007 års utsläpp	880	230	130	0,52	190	a
Utsläpp vid maximal produktionskapacitet	1 280	330	190	0,75	280	b
Utredningsalternativ A1	640	83	190	0,75	280	c
Utredningsalternativ A2	640	83	280	2,1	42	d
Utredningsalternativ B	640	83	420	4,2	70	e

- De förhållandevis stora utsläppen av kväve förklaras av att en ny kväveinnehållande produkt börjat tillverkas (med start 2003, då i ringa omfattning).
- Nollalternativ.** Nuvarande maximal produktionskapacitet för Munksjö Paper beräknas till ca 24 000 ton/år (utan nyinvesteringar och semesterlös drift). Detta är 45 % mer än 2007 (16 500 ton). En proportionell uppräknings har därmed gjorts i tabellen på basis av 2007 års produktion och utsläpp för alla variabler utom kväve. För kväve har en uppräknings istället gjorts med ledning av en angiven målproduktion av på 6 000 årston mot drygt 4 000 ton år 2007. SCA:s produktion ligger strax under tillståndsgiven volym.
- Alt. A1 avser reducering av COD med 50 % och BOD med 75 % ”men i övrigt oförändrade utsläpp” enligt givna förutsättningar av Miljödomstolen. Som utgångspunkt har valts maximal produktionskapacitet.
- Alt. A2 som ovan men med biorening + kemisk fällning i ny flotationsanläggning, vilket enligt ÅF:s underlag leder till följande halter: SÄ 20 mg/l, Tot-P: 0,15 mg/l, Tot-N 3 mg/l (räknat på vattenflödet 14 000 m<sup>3</sup>/d = 1,45 ggr 2007 års vattenflöde).
- Alt. B som ovan men utan komplettering med flotation, vilket leder till följande halter: SÄ 30 mg/l, Tot-P: 0,30 mg/l, Tot-N 5 mg/l.

När det gäller den praktiska tillämpningen av utredningsalternativ C-E hänvisas till presentationen av beräkningsresultaten i avsnitt 6.

<sup>§</sup> Enligt Eva Tennander, ÅF-Process, kan man räkna med att koncentrationen av organiskt och suspenderat material samt närsalter i utgående vatten från reningsanläggningarna ifråga är relativt konstant vid olika produktionsnivåer.

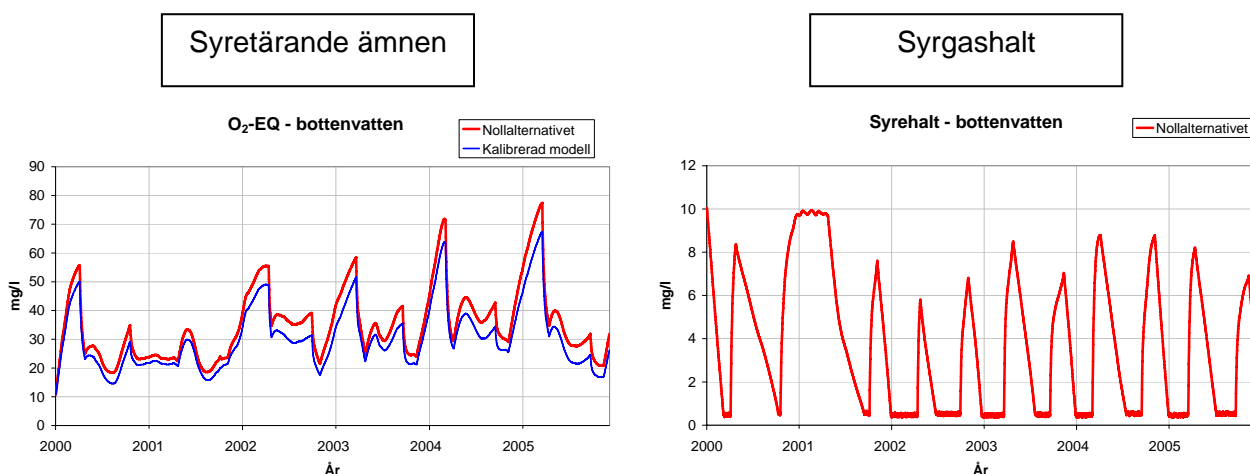
## 5.2 Begränsningar

Modellen är en syremodell som kan hantera flödet och resulterande syrgashalter av syreförbrukande COD och ammoniumkväve samt sekundär syreförbrukning av fosfor (efter bioproduktion). Däremot kan modellen inte särskilja den lättnedbrytbara fraktionen BOD<sub>7</sub> eftersom uppgifter om denna storhet saknas i flera flöden. Likaså saknas uppgifter om det suspenderade materialets egenskaper varför modellen inte skiljer på syreförbrukande material i löst eller partikulär form.

## 6 Testade scenarier

### 6.1 Nollalternativ – utgångsläget (0)

Som utgångspunkt för de utredningar om alternativa utsläppsförfaranden som Miljödomstolen efterfrågat, har ett nollalternativ definierats som 45 % uppräknig av utsläppen under testperioden 2000-2006 (jämför med Tabell 5-1). Detta får representera en antagen utsläppsnivå vid maximal produktionskapacitet inom ramen för gällande tillstånd. Dessa ökade utsläpp (vid oförändrad utsläppsregim) leder till ökade halter av syreförbrukande ämnen i Munksjöns bottenvatten med ca 10 % enligt Figur 6-1. Haltökningen blir ungefär densamma i sjöns ytvatten.



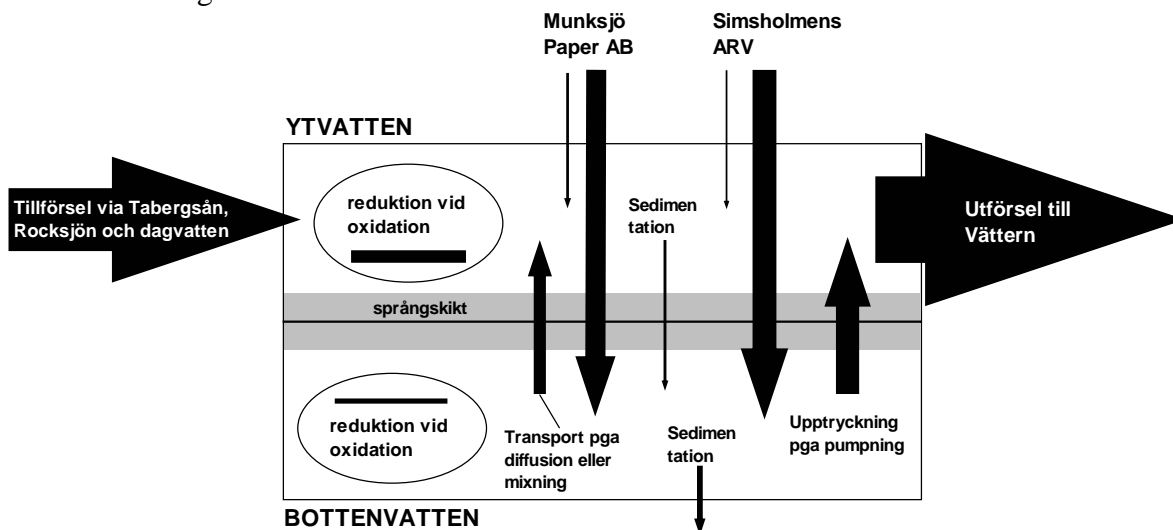
Figur 6-1. Nollalternativet (röd kurva) som representerar utsläpp vid maximal produktionskapacitet jämfört med kalibrerad halt (blå kurva) som representerar faktiska utsläpp under 2000-2005. Halt av syreförbrukande ämnen (O<sub>2</sub>-EQ) respektive syrgashalten i bottenvatten (endast nollalternativet).

Däremot förändras inte syreförhållandena i sjön av en ökad tillförsel av syreförbrukande ämnen. Detta beror på det faktum som redan berörts i avsnitt 4.3, nämligen att den maximala syretärande potentialen per dygn redan är uppnådd i sjöns bottenvatten enligt givna förutsättningar i modellen<sup>h</sup>.

<sup>h</sup> Eftersom syretärningen inte sker momentant utan istället är beroende av mikrobiologiska faktorer mm är modellen konstruerad så att endast en potentiell maximal syretärning per dygn är möjlig så länge som det fortfarande finns tillgång till syrgas (>0,5 mg/l). (Om man istället i modellen skulle anta att hela syretärningen sker momentant, går det överhuvudtaget inte att reproducera systemet).

Flödesbilden för syreförbrukande ämnen i nollalternativet ser ungefär likadan ut som i det kalibrerade ”verkliga” fallet, förutom att pilarnas tjocklek är något grövre i nollalternativet (se Figur 6-2). Motsvarande flödesbilder för syrgas är i det närmaste identiska.

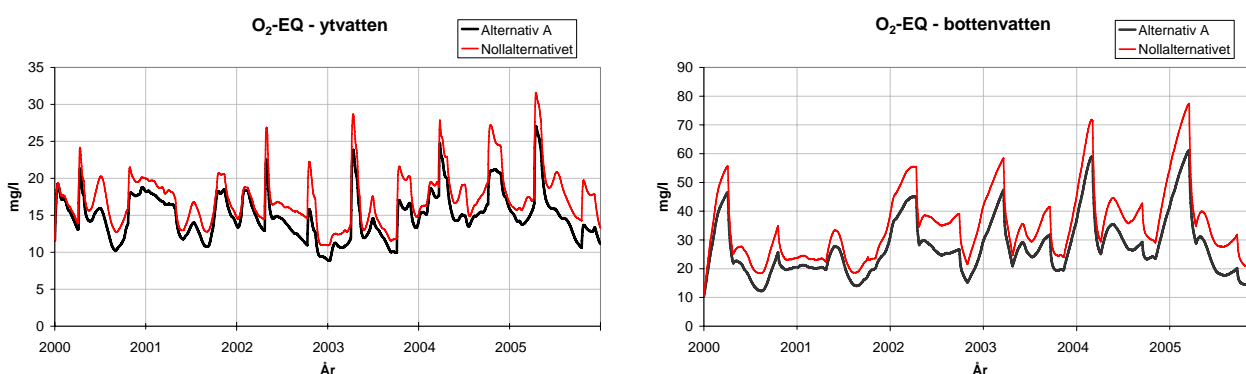
Nollalternativet används fortsättningsvis som jämförelsealternativ i utredningsalternativen nedan.



Figur 6-2. Flöden av syreförbrukande ämnen i Munksjön i nollalternativet enligt förutsättningar som ges i texten.

## 6.2 Biorening med eller utan flotation (A1/A2 & B)

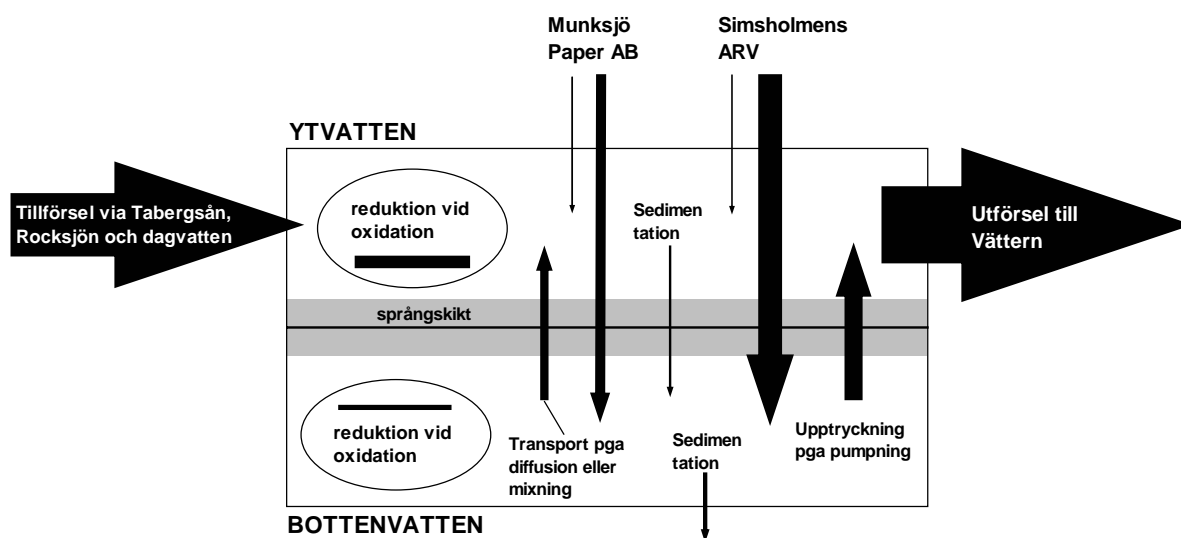
Om utsläppen av COD från Munksjö Paper halveras jämfört med nollalternativet (med fortsatta utsläpp till bottenvattnet) kommer koncentrationen av syreförbrukande material att tydligt minska i både yt- och bottenvattnet (Figur 6-3)<sup>i</sup>.



Figur 6-3. Halt av syreförbrukande ämnen ( $O_2$ -EQ) i Munksjöns yt- och bottenvatten vid införd biorening med flotation vid Munksjö och fortsatta utsläpp till bottenvattnet (svart kurva) jämfört med nollalternativet (röd kurva).

<sup>i</sup> Man kan också uttrycka det som att koncentrationen av syreförbrukande material **skulle ha minskat** om utsläppen hade legat på halva nivån under den modellerade tidsperioden 2000-2005.

I det flödesdiagram som modellen skapat (Figur 6-4) har följaktligen den nedåtgående pilen från Munksjö Paper, den uppgånggående pilen orsakat av pumpningen, liksom den utgående pilen till Vättern blivit tunnare. Däremot syns återigen ingen skillnad hos linjen ”reduktion vid oxidation” i vare sig yt- eller bottenvattnet jämfört med nollalternativet (Figur 6-2). Detta betyder i sin tur att syreförhållandena är oförändrade.



Figur 6-4. Flöden av syreförbrukande ämnen i Munksjön i utredningsalternativ A & B enligt förutsättningar som ges i texten.

Skillnaden mellan alternativ A1 och A2 respektive A och B blir obetydlig beträffande syreförbrukning och syrgashalt.

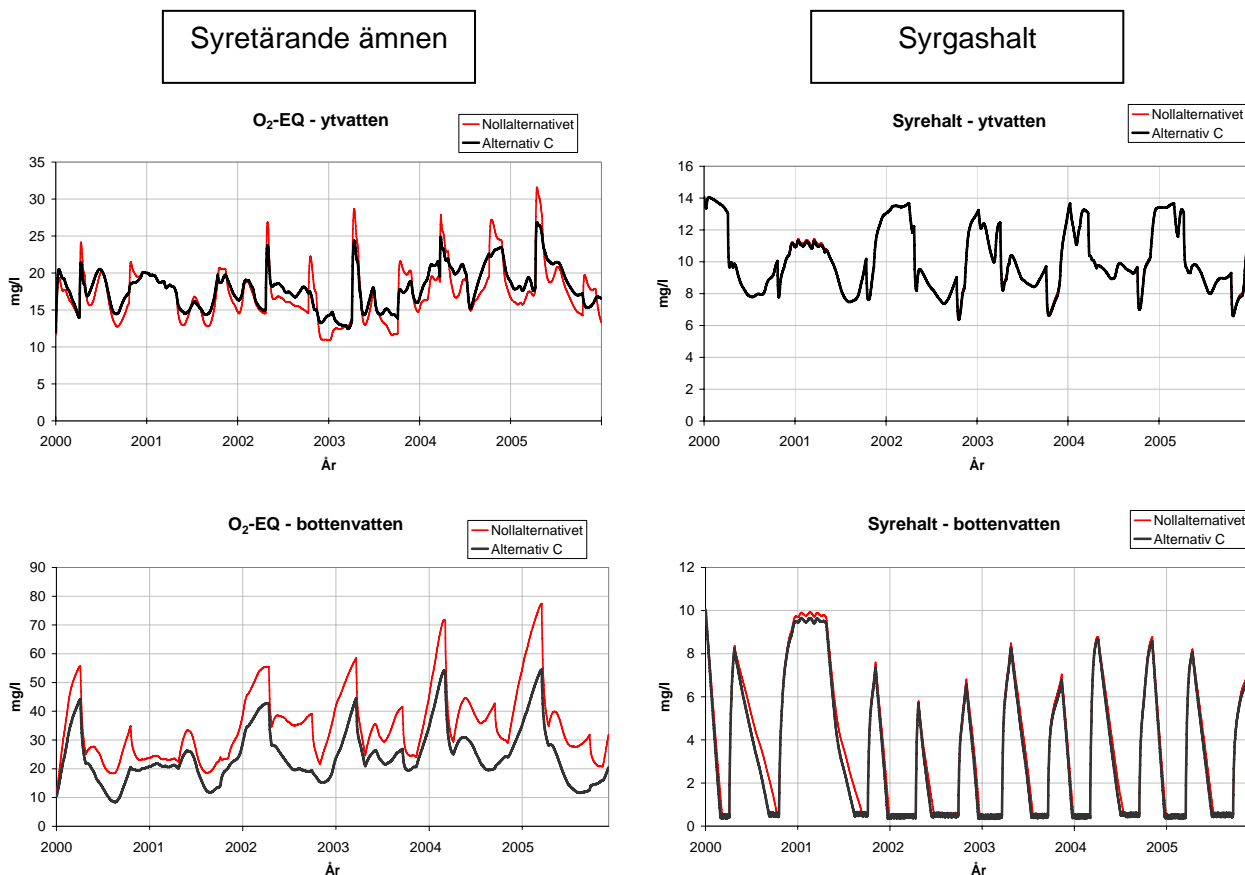
### 6.3 Ny utsläppspunkt för Munksjö (C)

Utredningsalternativ C har definierats som att pappersbrukets utsläpp övergår till att bli ett ytvattenutsläpp året om, medan Simsholmens utsläpp även fortsättningsvis förs till bottenvattnet via värmepumpen som tidigare.

Trots att utsläppet av bl.a. COD i detta fall kommer att ske till ytvattnet så kommer halten syreförbrukande ämnen inte att öka i ytvattnet (Figur 6-5). Däremot kommer variationsmönstret att förändras genom att det sker en viss utjämning av halttopparna, vilket i sin tur beror på magasineringseffekter pga skiktning. Syreförhållandena i ytvattnet förblir desamma.

Samtidigt kommer halten av syreförbrukande ämnen att påtagligt minska i bottenvattnet. Trots detta leder enligt modellen en omdirigering av pappersbrukets utsläpp till ytan till den något märkliga konsekvensen att syreförhållandena i bottenvattnet i någon mån försämras (Figur 6-5). Det som framför allt händer är att tidpunkten när syrehalter understiger 0,5 mg/l inträffar något tidigare vissa år än i nollalternativet. Den troligaste

förklaringen är i detta fall att mindre volym syrefattigt bottenvatten byts ut mot syrerikt avloppsvatten genom den minskade pumpningen ner i sjön<sup>j</sup>.



Figur 6-5. Halt av syreförbrukande ämnen ( $O_2$ -EQ) respektive syrgashalt i Munksjöns yt- och bottenvatten vid förändrad utsläppspunkt för Munksjö Paper till ytvattnet, men fortsatta utsläpp till bottenvattnet från Simsholmen (svart kurva). Beräkningen jämförs med nollalternativet (röd kurva).

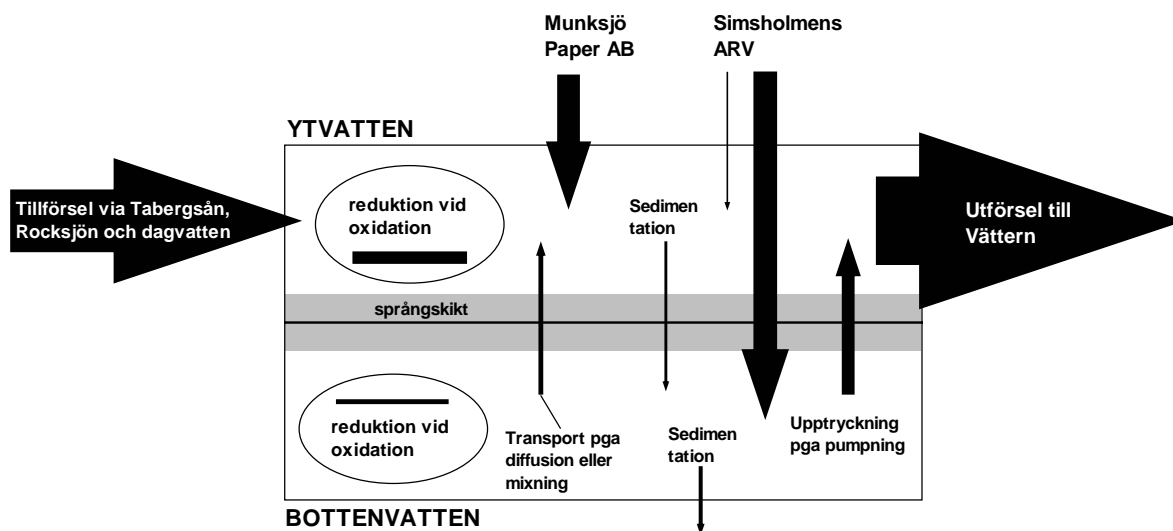
## 6.4 Kombination biorening och ny utsläppspunkt (D)

I utredningsalternativ D har pappersbrukets utsläpp dirigerats om till ytvattnet (C) kombinerat med att biologisk rening införts. Simsholmens utsläpp förs som tidigare till bottenvattnet via värmepumpen.

Modelleringsresultatet av detta utredningsalternativ överensstämmer nästan helt med föregående alternativ (C). Enda märkbara skillnaden är att halten av syreförbrukande material minskar i ytvattnet, inte bara jämfört med alternativ C utan även med nollalternativet. Detta visar att trots att utsläppen, som i nollalternativet, sker till bottenvattnet så påverkas även förhållandena i ytvattnet i påtaglig grad. Graden av påverkan på ytvattnet är så stor att en omdirigering av utsläppspunkten till ytvattnet faktiskt leder till

<sup>j</sup> Vid mätningar i februari 2001 låg syrgashalten i det utgående gemensamma avloppsvattnet på 8,5 mg/l. Vi har i modellen antagit en genomsnittlig syrehalt i detta vatten på 5 mg/l. I modellberäkningen förutsätts vidare att det uteblivna avloppsvattnet till bottenvattnet inte ersätts med annat syrerikt vatten pumpas ner istället. Om så är fallet blir syreförhållandena ungefär desamma som i nollalternativet.

tydliga haltminskningar av COD i ytvattnet om det kombineras med en viss utsläppsreduktion.



Figur 6-6. Flöden av syreförbrukande ämnen i Munksjön i utredningsalternativ C enligt förutsättningar som ges i texten.

## 6.5 Andra åtgärder (E1-E3)

### 6.5.1 Inga ammoniumutsläpp från Simsholmen (E1)

Om åtgärder vidtas vid Simsholmen så att inga utsläpp av ammonium längre sker från avloppsreningsverket, kommer koncentrationen av syreförbrukande ämnen att påtagligt minska i både yt- och bottenvattnet<sup>k</sup>. Men för den skull kommer ingen nämnvärd förbättring att ske av syreförhållandena i bottenvattnet i analogi med tidigare resonemang.

### 6.5.2 All pumpning via värmepumpen upphör (E2)

Om all pumpning av avloppsvatten till botten av Munksjön upphör kommer halten av syreförbrukande ämnen i bottenvattnet att bli väsentligt lägre än idag (Figur 6-7). Enligt modellen kommer syrgasförhållandena trots detta att försämrats, främst genom att perioderna med syrebrist (halter <0,5 mg/l) blir längre. Detta motstridiga budskap kan förklaras med:

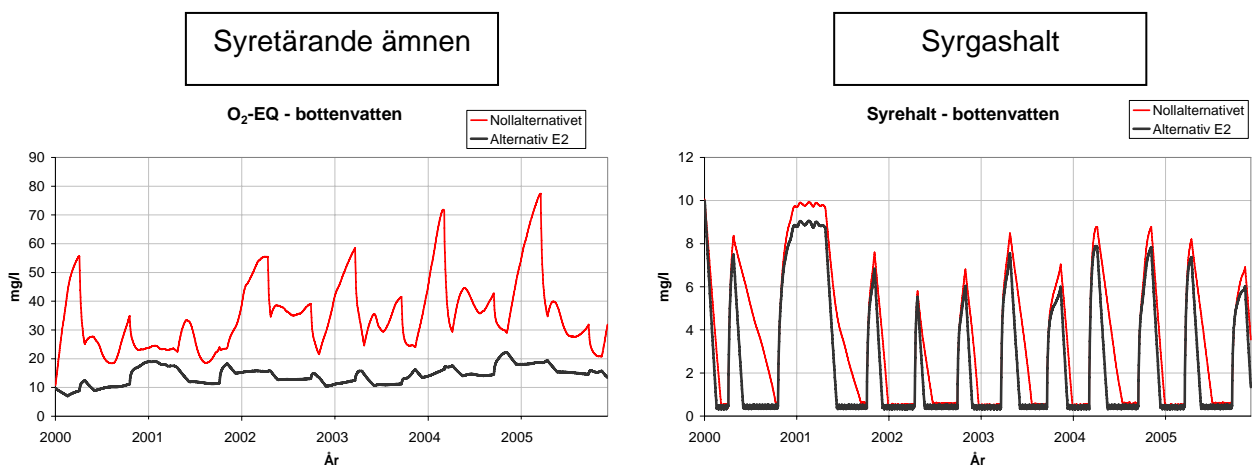
- att sedimentens syretärande förmåga är fullt tillräcklig för att orsaka syrgasbrist i sjöns bottenvatten,
- att detta förstärks av en nedåtgående transport genom diffusion av syreförbrukande ämnen från ytvattnet där koncentrationen i detta alternativ blir högre (Figur 6-8),
- att den upphörda tillförseln av syrerikt vatten via värmepumpen leder till ett snabbare tillstånd av syrebrist än vad som är fallet idag.

<sup>k</sup> I alternativet förutsätts att båda utsläppen fortfarande sker till Munksjöns bottenvatten via värmepumpen.

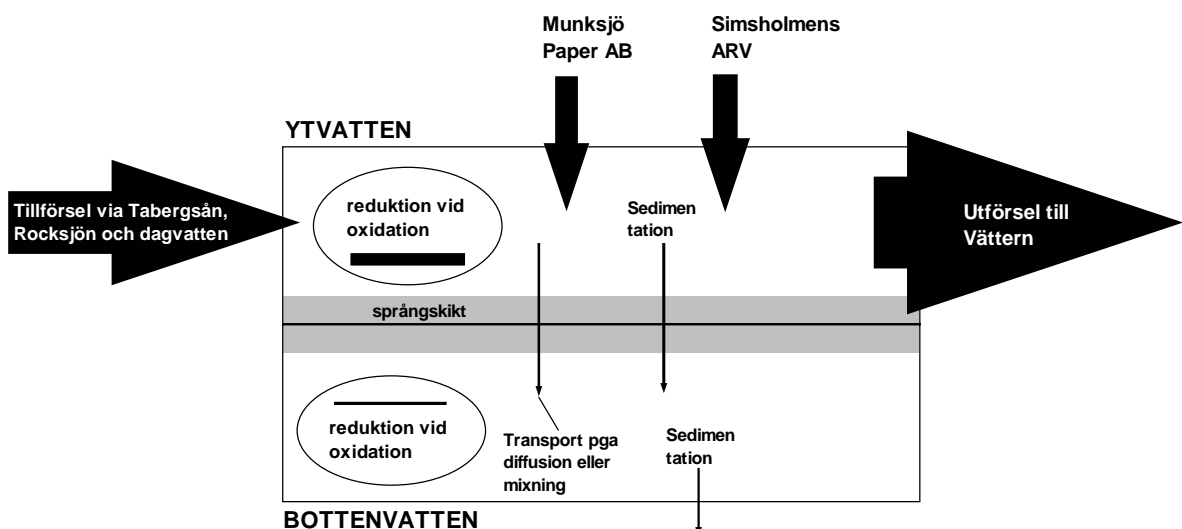


### HUR KAN SYREFÖRHÅLLANDENA BLI SÄMRE?

Det kan onekligen vara svårt att ta till sig att syreförhållandena i bottenvattnet kommer att bli så pass mycket sämre än idag om alla utsläpp till bottenvattnet upphör. Det finns visserligen logiska förklaringar (se ovan), som dock förutsätter att sedimenten i Munksjön verkligen har den syreförbrukande förmåga som angetts i modellen. Detta värde har i sin tur hämtats från litteraturen och härrör från en tidigare studie i svenska vatten (se referens i avsnitt 4.2). För att modellen skulle fungera vid kalibrering och validering har vi måst halvera detta värde. Trots detta intar sedimenten en helt dominerande roll i sammanhanget. Det går därför inte att bortse från möjligheten att det värde som använts i modellen för sedimentens syreförbrukningsförmåga fortfarande är för högt eller att någon annan använd storhet i modellen är felaktig. Även om så skulle vara fallet visar beräkningsresultaten trots allt att syreförhållandena i Munksjöns bottenvatten knappast kommer att förbättras om all pumpning av avloppsvatten via värmepumpen upphör, vilket trots allt är den viktigaste slutsatsen.



Figur 6-7. Halt av syreförbrukande ämnen (O<sub>2</sub>-EQ) respektive syrehalt i Munksjöns bottenvatten om all pumpning via värmepumpen upphör (svart kurva) jämfört med nollalternativet (röd kurva).



Figur 6-8. Flöden av syreförbrukande ämnen i Munksjön i utredningsalternativ E2 om all pumpning via värmepumpen upphör.

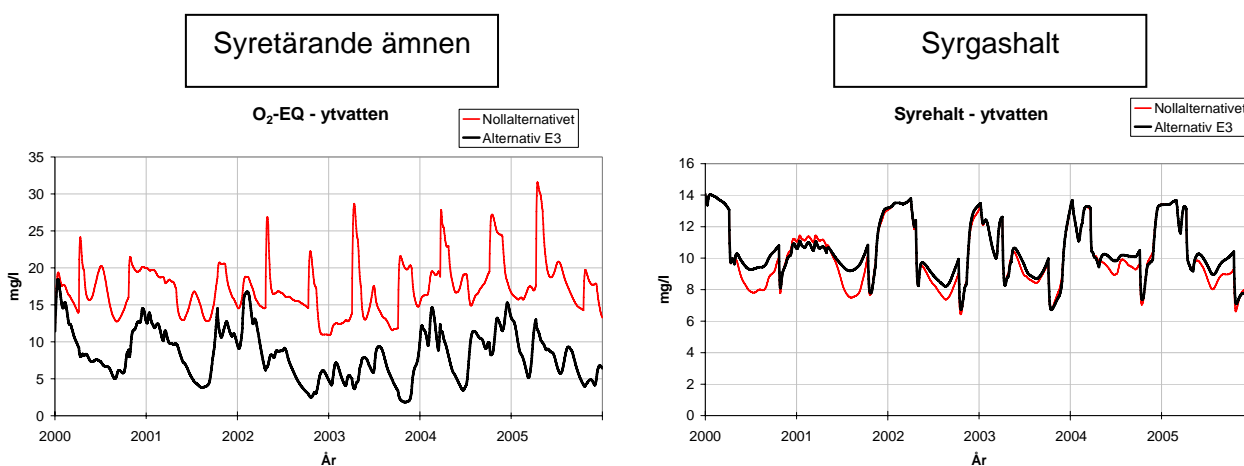
Syreförhållandena i ytvattnet kommer enligt modellberäkningen inte att försämrats även om båda utsläppen omdirigeras hit. Detta kan förklaras med att tillgången på syrgas är mycket god och att oxidationen av syreförbrukande ämnen är relativt långsam i förhållande till ytvattnets snabba omsättningstid.

### 6.5.3 Inga utsläpp till Munksjön (E3)

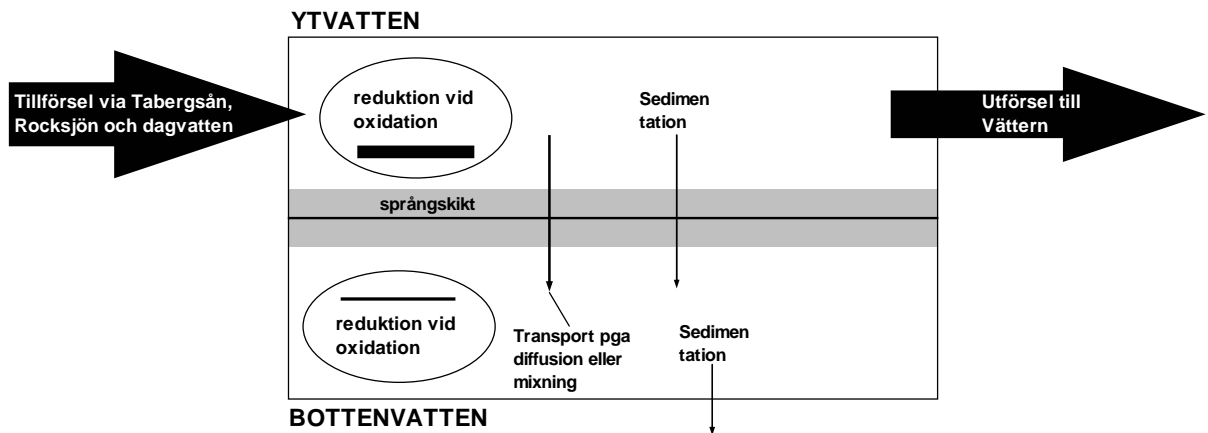
Slutligen har testats vad som händer med syreförhållandena i Munksjön om inga utsläpp längre leds dit från vare sig från Munksjö eller från Simsholmen. I detta scenario leds utsläppen istället ut till Vättern via en gemensam tub. Förslagsvis mynnar denna tub på ett för utspädning optimalt djup (15-20 m) i södra delen av Vättern och avslutas med en diffusor som effektivt fördelar vattnet över en större yta.

Syreförhållandena i Munksjöns bottenvatten kommer i huvudsak att likna dem i alternativ E2 enligt Figur 6-7, fränsett att halten syreförbrukande ämnen blir ännu lägre.

Även i ytvattnet kommer koncentrationen av syreförbrukande ämnen att drastiskt minska jämfört med nollalternativet (där utsläppen sker till bottenvattnet) samtidigt som syreförhållandena förbättras under sommarmånaderna (Figur 6-9). Större delen av det organiska materialet från Tabergsås kommer att passera genom sjön (Figur 6-10).



Figur 6-9. Halt av syreförbrukande ämnen ( $O_2$ -EQ) respektive syrehalt i Munksjöns ytvatten om alla utsläpp till Munksjön upphör (svart kurva) jämfört med nollalternativet (röd kurva).



Figur 6-10. Flöden av syreförbrukande ämnen i Munksjön i utredningsalternativ E3 om alla utsläpp till Munksjön upphör.

## 6.6 Osäkerhetsfaktorer

Som redan nämnts är det viktigt att komma ihåg att modellen kanske inte helt korrekt avspeglar responsen vid förändrade förhållanden i testade scenarier, till exempel responsen till följd av förändrad flödesregim eller förändrad belastning. Är förändringarna från tillståndet som modellen kalibrerats mot relativt små är det troligare att den modellerade responsen är relativt korrekt, medan mer omfattande förändringar kan innebära att de processer som ingår i modellen inte kan modellera den nya situationen på rätt sätt.

Detta beror bland annat på att modellen innehåller en hel del grova förenklingar, tex antagandet om konstant primärproduktion och sedimentens syretärande potential i yt- och bottenvatten. Munksjöns ekosystem och pooler är sannolikt inte heller länkade enbart genom linjära samband (ett av grundantagandena i en linjär modell), vilket gör att modellens respons kan bli fel när förutsättningarna inte är approximativt linjära.

## 6.7 Möjlig framtida modellutveckling

Den nuvarande syrgasmodellen kan vidareutvecklas för att inkludera ytterligare processer för att på så sätt kunna modellera tillstånd som skiljer sig mycket från dagens tillstånd.

En nyckelprocess är sedimentens roll och funktion. Även processer som är kopplade till primärproduktionen i ytvattnet (som styrs av tillgången av närsalter mm), samt efterföljande sedimentation kan utvecklas vidare. Uppgifter om andelen partikulärt kontra löst organiskt kol, partikelstorlekar och densiteter är exempel på data som är viktiga för att bättre kunna förutsäga hur sedimentationen sker.

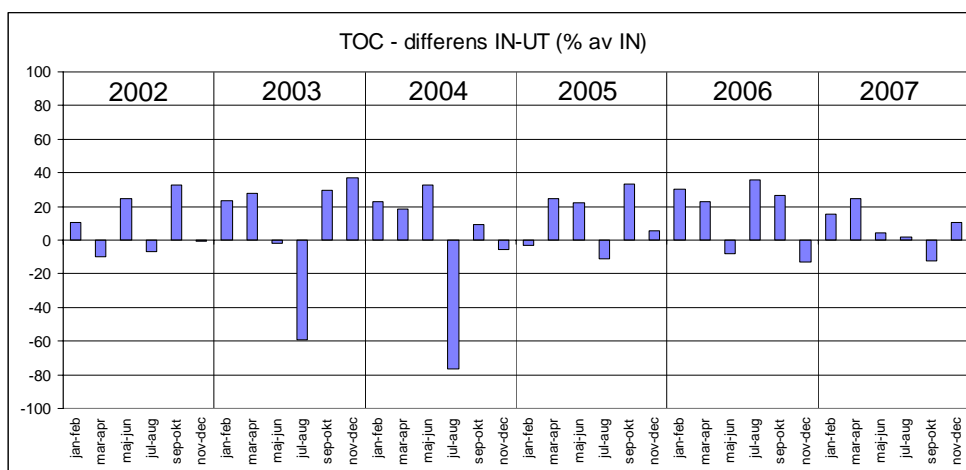
Man skall dock ha klart för sig att en komplexare modell kanske inte nödvändigtvis ger ett sannare resultat, eftersom noggrannheten begränsas av tillgång och kvalitet på kalibreringsdata. Även om en komplex modell med många fria parametrar bättre kan anpassas till komplicerade kurvformer är

det inte säkert att den faktiskt beskriver de underliggande processerna i ett scenario bättre än en enklare modell.

## 7 Massbalansberäkningar

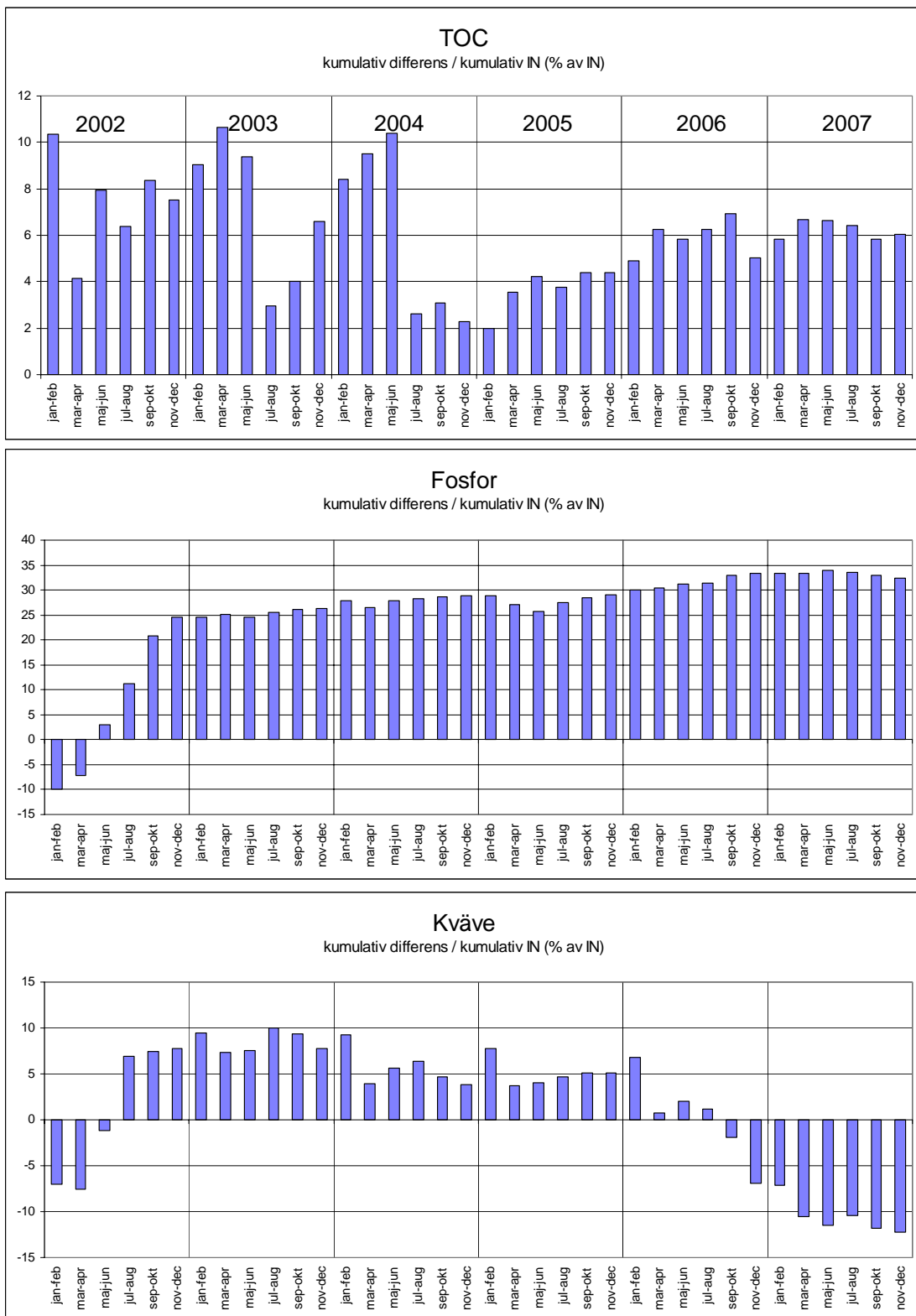
De framtagna underlagen till modellen har också gjort det möjligt att beräkna massbalansen över Munksjön för organiskt material och närsalter. Exempel på detta ges för TOC i Figur 7-1. Grafen visar skillnaden mellan tillflöde av TOC från alla kända källor och utflödet av TOC till Vättern. Mestadels har inflödet varit något större än utflödet. Under juli-augusti 2003 och 2004 registrerades dock betydligt större utflöde än tillförsel av TOC.

Genom att fortlöpande summera varje stapel (+ resp. -) i Figur 7-1 och dividera denna kumulativa differens med en motsvarande kumulativ intransport, erhålls en beskrivning av händelseförloppet enligt Figur 7-2. Detta tillvägagångssätt ger en uppfattning om retentionsgraden (minskningen) i sjön för respektive ämne, och kan även ge indikationer om eventuella förändringar i tillförseln m.m.



Figur 7-1. Differensen av all känd tillförsel av TOC till Munksjön och utflödet från sjön till Vättern under perioden 2002-2007 (IN – UT i % av IN).

För TOC visar den kumulativa beräkningen enligt Figur 7-2 på en retention i Munksjön på ca 5 % (se även källfördelning i Tabell 7-1). Detta utgör ett genomsnitt för allt organiskt material till sjön. Huruvida retentionsgraden hos organiskt material från Munksjö är större än denna andel (och därmed mindre hos materialet i Tabergså) eller inte finns veterligen inget underlag för att bedöma. Även med en smärre justering av retentionsgraden är det dock uppenbart att graden av fastläggning och nedbrytning av organiskt material i Munksjön överlag är anmärkningsvärt liten. En förklaring till att så troligen är fallet även för det organiska material som förs med avloppsvattnen till sjöns bottenvattnen är att detta i så hög grad förs upp till ytvattnet genom diffusion, mixning och upptryckning pga pumpning (se exempelvis Figur 6-2). Dessutom är reduktionen av syreförbrukande ämnen i bottenvattnet anmärkningsvärt liten enligt modellen.



Figur 7-2. Kumulativ differens mellan tillförsel och utflöde dividerat med kumulativt tillförsel för TOC, Total-fosfor och Total-kväve till Munksjön under perioden 2002-2007.

För fosfor ger massbalansberäkningen en retentionsgrad på i storleksordningen 25-35 %. Denna retention torde i huvudsak vara orsakad av en bioproduktion i sjön (bildning av alger) som binder upp fosfor i fytoplankton, vilka i sin tur sedimenterar i Munksjön.

Kväve uppvisar en retentionsgrad på ca 5 % fram till 2006 då någonting händer med massbalansen (Figur 7-2). Från denna tidpunkt tillkommer en för oss okänd kvävekälla till sjön, som istället för en retention resulterar i ett utflöde som är 10 % större än de kända tillflödena. Den okända kvävekällans storlek kan beräknas till drygt 10 ton per månad.

	% av summa IN	Inlopp Munksjön	Utlopp Munksjön	Rocksjön	Dagvatten	Munksjö Paper	Simsholmen	differens
Total-N	25	112	10	1	13	51		-12
Total-P	33	68	7	11	4	44		32
TOC	65	95	11	3	13	8		5

Tabell 7-1. Källfördelning för TOC och närsalter till Munksjön som genomsnitt för 2002-2007 (i % av det totala tillskottet).

## 8 Fosforhalter vid olika alternativ

En fråga som rimligen ingår i den efterfrågade utredningen är vilka fosforhalter som kan förmodas uppträda i Munksjöns vatten i framtiden vid olika utsläppsförfaranden. Eftersom fosfor är det produktionsstyrande närsaltet följer av ökade fosforhalter även en ökad risk för oönskad algblomning och algpåväxt i sjön.

Överst i Tabell 8-1 har uppmätta fosforhalter och beräknade vattenflöden sammanställts för Munksjöns viktigaste fosforkällor. Värt att notera är den förhållandevis stora vattenmängd med låg fosforhalt som pumpas via Rocksjön, ca hälften av flödet i Tabergså. Skulle inget avloppsvatten tillföras Munksjön borde sjöns ytvatten, med bibehållen överpumpning via Rocksjön, hålla en fosforhalt på ca 18 µg/l (utredningsalternativ E3, direktutsläpp till Vättern).

På teoretiska grunder beräknas de aktuella fosforutsläppen från Simsholmen och Munksjö tillsammans orsaka en genomsnittlig förhöjning av fosforhalten med ca 13 µg/l. Detta skulle leda till en fosforhalt kring 31 µg/l i Munksjöns ytvatten i det fall båda utsläppen uteslutande sker hit. Idag sker dock utsläppen i huvudsak till sjöns bottenvatten, där 60 µg/l uppmätts som genomsnitt jämfört med 25 µg/l i ytvattnet. Detta förhållande stämmer också förhållandevis väl med de överslagsberäkningar som kan göras på basis av rådande flöden från botten till ytan enligt den tidigare redovisade modellen och vattnets beräknade uppehållstid i botten- respektive ytvattnet (75 respektive 30 dygn).

Tabell 8-1. Beräknade haltpåslag av fosfor vid alternativa framtida utsläppsscenarier

Faktiska förhållanden	Tot-P (µg/l)	Flöde (m <sup>3</sup> /s)		Haltpåslag*** (µg/l)	
	medel	medel	min	medel	max
2000-2007					
Tabergsån	22	2.52	0,10		
Rocksjön	10*	1.26			
(Tabergsån + Rocksjön)**	(18)	(3,8)			
Tillrinning närområdet	?	0.28	0,01		
Simsholmen	226	0.34		12	28
Munksjö****	57	0.14		1,2	2,9
Munksjöns ytvatten	25				
Munksjöns bottenvatten	60				
SUMMA		4.5	1,9		
<b>Alternativa prognoser</b>					
Munksjö*****					
Nollalternativ + A1	62	0,14		1,4	3,2
Utredningsalternativ A2	174	0,14		3,8	9,0
Utredningsalternativ B	347	0,14		7,6	18

\* Fosforhalt i Rocksjöns som medelvärde för ytvatten i augusti.

\*\* Teoretisk halt i Munksjön av Tabergsån + pumpning från Rocksjön (utan hänsyn tagen till retention).

\*\*\* Hänsyn tagen till en uppskattad retention på 30 %. Maxpåslaget avser vid minimiflöde för Tabergsån och direkta tillflöden.

\*\*\*\* Medelhalten 2007 var 43 µg/l.

\*\*\*\*\* Vattenflödet i utsläppet har förutsatts vara oförändrat (0,14 m<sup>3</sup>/s)

Under perioder av året då flödet är som lägst (minimiflöde på veckobasis) ökar det sammanlagda haltpåslaget från de båda anläggningarna till drygt 30 µg/l, varav Munksjö svarar för knappt 3 µg/l, dvs 10 %. Detta påslag resulterar i en fosforhalt på nivån 55 µg/l (30 + 25 µg/l).

I nedre delen av Tabell 8-1 har motsvarande beräkningar gjorts för de olika utredningsalternativen A och B. Införs biologisk rening utan flotation vid Munksjö med utsläpp till ytvattnet (alt. D/B+C), kommer detta enligt gjord uppskattning att leda till en fosforhaltsökning på i genomsnitt 7,6 µg/l i ytvattnet. Vid låg vattenföring (och bibehållet utsläpp från Simsholmen till bottenvattnet) mer än fördubblas haltpåslaget så att uppskattningsvis en fosforhalt kring 36 µg/l erhålls i ytvattnet (18 + 18 µg/l).

Om den biologiska reningen kombineras med flotation (alt D/A2+C) reduceras haltpåslaget i ytvattnet till knappt 4 µg/l i genomsnitt respektive 9 µg/l vid låg vattenföring. Den resulterande fosforhalten i ytvattnet blir i det senare fallet 34 µg/l (25 + 9 µg/l).

Om utsläppet från Munksjö i detta läge fortsättningsvis sker till bottenvattnet (alt A1/A2 respektive B) blir haltpåslagen i ytvattnet mindre, medan de ökar i bottenvattnet.

De högsta fosforhalterna erhålls om både Simsholmens och Munksjöns avloppsvatten förs ut i ytvattnet, samtidigt som biologisk rening utan flotation införs vid Munksjö. Vid låg vattenföring kan då enligt beräkningarna som mest fosforhalter på 60-70 µg/l uppträda i Munksjöns ytvatten.

## 9 Vad är bäst för Munksjön?

Det finns inget självklart svar på frågan vad som är bäst för miljön i Munksjön. Svaret beror på vilka kriterier man lägger i begreppet ”bäst”.

### 9.1 Goda syreförhållanden

Eftersträvar man så bra syreförhållanden som möjligt i Munksjöns **bottenvatten** tyder utredningen på att den rådande situationen är den bästa, dvs att syrerikt vatten även fortsättningsvis pumpas ner i botten av sjön via värmepumpen. Om detta vatten utgör avloppsvatten från Munksjö Paper och Simsholmen eller inte verkar enligt modellberäkningarna inte ha någon större betydelse. Bottnarnas syretäringspotential är tillräckligt stor för att åstadkomma de förhållandevis dåliga syreförhållanden som ändå råder. Inte heller tycks det ha någon betydelse om pappersbrukets avloppsvatten genomgår ytterligare rening i ett biosteg eller ej.

Syreförhållandena i Munksjöns **ytvatten** är generellt sett goda. En viss haltnedgång har registrerats sommartid, främst beroende på att varmt vatten har sämre förmåga att binda syrgas än kallt vatten. I scenariet E3 där inga utsläpp längre sker till Munksjön visar dock modellen på en tydlig haltminskning under sensommaren med 1-2 mg/l, vilket antyder att syrehalten tidvis är reducerad även i ytvattnet under nuvarande utsläppsförhållanden (Figur 6-9). Detta kan även utläsas av de faktiska mätningar som gjorts av vattnets syremättnadsgrad under perioden 2000-2007 (se Figur 3-4). En omdirigering av Munksjöns avloppsvatten till Munksjöns yta och/eller en reduktion av pappersbrukets COD-utsläpp genom biorening påverkar inte nämnvärt syreförhållandena i ytvattnet enligt modellberäkningen.

Om båda avloppsvattnen istället leds ut i ytvattnet<sup>1</sup> kommer syreförhållandena, enligt utförd modellberäkning, trots detta inte att försämrats i ytvattnet men däremot förmodligen i bottenvattnet. En positiv effekt för sjön i detta scenario är att språngskiktet sannolikt kommer att inta ett läge på större djup än idag. Detta åstadkommes genom att inget nedpumpat vatten längre ”trycker upp” språngskiktet till ett onaturligt högt läge. Därmed kommer även syresättningen av ytvattnet förmodligen att effektiviseras genom att en vertikal omblandning blir möjlig (jämför Figur 3-3 och Figur 9-1).

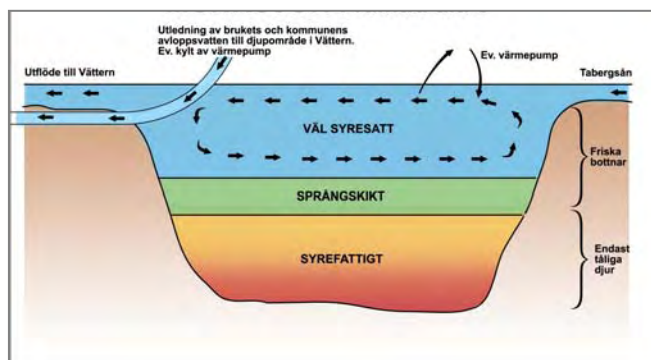
Samma djupjustering av språngskiktet åstadkommes om alla utsläpp från Munksjö och Simsholmen istället leds ut direkt till Vättern (se Figur 9-1).

---

<sup>1</sup> Avloppsvattnen kan fortfarande passera värmepumpen, men då måste utsläppspunkten från denna ändras till att mynna i sjöns ytvatten.



Denna åtgärd verkar enligt modellen även få en direkt positiv betydelse för syreförhållandena i Munksjöns ytvatten genom högre syrgashalter under framför allt sensommaren.



Figur 9-1. Ett möjligt framtidsalternativ där både kommunens och pappersbrukets avloppsvatten förs ut via en tub till Vättern.

## 9.2 Liten alg tillväxt

Risker för oönskad alg tillväxt är endast relevant att diskutera för **ytvattnet** i Munksjön. Som redan nämnts är det uteslutande fosfor som är intressant i sammanhanget eftersom fosfor är det tillväxtbegränsande näringsämnet då kväve förekommer i stort överskott<sup>m</sup>. Fosforhalten i Munksjöns ytvatten har i genomsnitt legat på 25 µg/l under 2000-talet, men högre vissa år (t.ex. 33 µg/l år 2007). Stundtals har väsentligt högre fosforhalter uppmätts, särskilt i samband med sjöns cirkulation vår och höst. Då blandas ytvattnet med bottenvattnet som håller en betydligt högre halt, 60 µg/l som genomsnitt för perioden.

Fosforhalter kring 25 µg/l och däröver får betecknas som relativt höga näringshalter för en sjö av Munksjöns karaktär. Att fosforhalten inte är högre kan delvis tillskrivas den inpumpning av mer fosforfattigt Vätternsvatten som fortlöpande sker via Rocksjön. Algfloran är typisk för måttligt näringsrika sjöar. Att en relativt rik algblomning ibland sker kan bl.a. utläsas av att det översta vattenlagret tidvis är övermättat på syrgas (se Figur 3-4).

Om man ser till ett års genomsnitt har det förmodligen ingen större betydelse för fosforhalten i ytvattnet om pappersbrukets utsläpp sker till yt- eller bottenvattnet av Munksjön. Ett fosforrikt bottenvatten, orsakat av att utsläppen leds dit, når ändå förr eller senare ytvattnet. Däremot är det troligt att ett utsläpp till ytvattnet ger en jämnare haltfördelning över året och en lägre halt under perioder med etablerat språngskikt i sjön, jämfört med bottenvattenutsläpp då det istället torde bli vanligare med halttoppar i ytvattnet.

Om biorening med flotation införs vid Munksjö kommer detta att leda till en ökning av fosforhalten i ytvattnet med upp till 10 % i genomsnitt och ca 25 % vid låg vattenföring (beroende på förutsättningarna A1, A2). Biorening

<sup>m</sup> Kvoten N/P uppgick till 75 som genomsnitt för år 2007. Balans mellan N och P uppstår inom kvotintervallet 15-30.

utan flotation (B) leder till en motsvarande haltökning på i genomsnitt 25 % respektive maximalt 60 %.

Störst risk för oönskad algbloomning i ytvattnet inträffar i scenariet att biorening utan flotation införs vid Munksjö, att både pappersbrukets och Simsholmens utsläpp leds ut till ytan, samt att det är en sommar dag med varmt ytvatten i Munksjön och lågt vattenflöde i Tabergsåån. Då kan fosforhalten i Munksjöns ytvatten komma att stiga till 60-70 µg/l (eller 80-90 µg/l om man inte tar hänsyn till någon retention). Vid dessa haltnivåer är risken påtaglig för oönskad algbloomning i sjön.

Vill man minimera risken för algbloomning i Munksjön under perioder med låg vattenföring och varmt ytvatten bör man således bibehålla ett utsläpp till bottenvattnet och undvika att införa biorening vid pappersbruket. Den mest radikala förändringen mot minskad risk för algbloomning i sjön får man om man leder ut båda avloppsvattnen för direktutsläpp till Vättern.

### 9.3 Låga halter av metaller och stabila organiska ämnen

En alltför låg näringshalt i Munksjön ökar dock samtidigt risken för förhöjda halter av metaller och stabila organiska ämnen i bl.a. fisk. Detta beror på att mängden växter och djur generellt sett minskar i sjön så att biotillgängliga metaller och stabila organiska ämnen har mindre biomassa att fördelas på. Därmed uppstår en biokoncentrering med högre halter i varje organism som följd (till skillnad från en bioutspädning under näringsrika förhållanden)<sup>n</sup>.

Som en konsekvens av denna beskrivning är det således bäst för Munksjön ju mer näringsämnen som släpps ut i sjön. Av de testade scenarierna är en biorening utan flotation med utsläpp av båda avloppsvattnen i ytvattnet att föredra om man vill minimera risken för förhöjda halter av ”miljögifter” i Munksjöns växter och djur.

Samtidigt tyder gjorda analyser på fisk från Munksjön på att dagens näringsförhållanden är tillräckliga för att hålla metallhalterna i fisk på en för regionen normal nivå<sup>11</sup>. Detta trots att i synnerhet kvicksilver, men även koppar och i viss mån krom, förekommer i förhöjda halter i sjöns sediment. Sannolikt skulle därmed en smärre haltminskning av fosfor inte påtagligt förändra denna situation (exempelvis vid en eventuell omdirigering av utsläppen till Vättern).

Av större betydelse i sammanhanget är förmodligen den ständiga omrörning som under nuvarande förhållanden sker av Munksjöns bottenvatten. Nedpumpningen av vatten via värmepumpen orsakar en ständig ”störning” av eventuella jämvikter som uppstått mellan bottennära vatten och porvatten i sedimenten, och därmed även mellan sedimenten och utlösta ämnen i porvattnen. Detta borde i sin tur öka risken för utlösning av icke önskvärda ämnen från sedimenten. Samtidigt åstadkommer pumpningen en ständig

---

<sup>n</sup> Det bör betonas att beskrivningen om biokoncentrering och bioutspädning är generell och att undantag från denna ”regel” observerats i naturen.

uppträckning av bottenvatten genom språngskiktet med risk för en ökad exponering av dessa ämnen för organismer i ytvattnet. Detta talar för att pumpningen av vatten via värmepumpen bör upphöra.

En omständighet som förstärker denna slutsats är kvicksilvrets omvandling till organisk form. Den ständiga tillförsel av syrerikt vatten som fortlöpande sker till Munksjön bottenvatten via värmepumpen ökar nämligen risken för bildning av organiskt metylkvicksilver, som i sin tur är den mest biotillgängliga formen av kvicksilver (se faktaruta nedan). Om pumpningen upphör, och därmed även syresättningen av bottenvattnet, ökar förutsättningarna för att längre perioder med stabila syrefria förhållanden ska bildas under vilka kvicksilver kan sulfidbindas. Detta talar även för att syresättningen av bottenvattnet via Limnoaggregatet ska upphöra.

Ett skeende som kan ha en viss motverkande effekt vid alltför stabila syrefria förhållanden i bottenvattnet är risken för bildning av syrefri gas som metangas i sedimenten. Gasen kan föra med sig utlösta ämnen till bottenvattnet och eventuellt ända till ytvattnet. Detta förändrar dock inte rekommendationen enligt ovan eftersom uppumpningen av bottenvatten till ytan torde utgöra en betydligt större risk i sammanhanget.

Ett ämne som förekommer i tydligt förhöjda koncentrationer i Munksjön är PCB (polyklorerade bifenyler), både i sediment och i fisk. I en tidigare sammanställning och utvärdering av tillgänglig information om bl.a. PCB gjordes följande bedömning<sup>11</sup>:

*”Frågan uppkommer vilken som är den främsta källan för PCB i Munksjön. Betraktar man mönstret hos fördelningen mellan olika PCB-kongener så tyder den relativt stora andelen av lågklorerade kongener i abborre på, att det finns en aktiv källa i närheten av sjön. Sedimenten uppvisar dock en mer normal fördelning med lägre andel av dessa kongener, vilket rimligtvis borde tolkas som att detta PCB är av äldre datum än det i fisk. Om detta är en korrekt slutsats så borde det inte i första hand vara sedimenten som är den primära källan för PCB-förekomsten i fisk utan istället någon annan okänd källa i närheten. Det bör dock betonas att denna preliminära tolkning är högst osäker.”*

Ingen ny information har veterligen framkommit under senare år som föranleder en annorlunda bedömning, förutom att det i en doktorsavhandling, som behandlar PCB-problematiken i den sanerade Järnsjön<sup>12</sup>, bl. a. påpekas att PCB ”avkloreras” när den tas upp i organismer. Detta skulle kunna förklara varför fördelningen av PCB-kongener skiljer sig åt i fisk och sediment. För den skull kvarstår bedömningen att orsaker till de förhöjda PCB-halterna i fisk likaväl går att finna hos andra potentiella källor i området än sedimenten i Munksjön<sup>o</sup>. Vår övergripande rekommendation under nuvarande kunskapsförhållanden är därför Munksjöns sediment i möjligaste mån isoleras för att motverka risken för bildning och utlösning av oönskade föreningar.

---

<sup>o</sup> En möjlig källa skulle kunna vara inventerade tippar och äldre industriområden inom Tabergsåns avrinningsområde.

#### OM KVICKSILVRETS FÖREKOMSTFORMER

Kvicksilver förekommer i en rad olika former i miljön. Vissa former är lätt tillgängliga för växter och djur medan andra är förhållandevis svårtillgängliga. Även de senare kan dock omvandlas till lättillgängliga former.

Elementärt kvicksilver kan förekomma i gasfas i luften, medan oorganiska vattenlösliga kvicksilverföreningar såsom kvicksilverklorid är vanliga i nederbörd, grund- och ytvatten. I sulfidbunden form är kvicksilver förhållandevis stabilt. Denna form är vanlig i mineraliseringar och under syrefattiga förhållanden i exempelvis sjösediment, myrar etc.

Den mest toxiska kvicksilverföreningen är metylkvicksilver, en delvis fettlös organisk form som företrädesvis bildas genom mikrobiella processer i sjösediment, våtmarker etc. Det är denna kvicksilverförening som till nästan 100 % återfinns i fisk. Senare års studier tyder på att metyleringsprocessen är som mest intensiv i miljöer där syreförhållanden är ansträngda, dvs där syrehalten tidvis ligger nära noll. Under goda syreförhållanden eller vid ständig syrgasbrist minskar syntesen av metylkvicksilver.

## 10 Vad är bäst för Vättern?

Ett av utredningsalternativen (E3) har inneburit att Munksjön helt avlastas från avloppsvatten, såväl från pappersbruket som från Simsholmens reningsverk, genom att dessa istället leds direkt ut till Vättern via en gemensam avloppstub.

Vid en första anblick på detta utsläppsalternativ är det naturligt att ifrågasätta om det verkligen är lämpligt att belasta Vättern med dessa avloppsvatten. Södra Vättern är ju ett Natura 2000-område som i möjligaste mån ska bevaras beroende på sin unika karaktär med bl.a. flera sällsynta, s.k. rödlistade arter.

Men faktum är att Vättern redan idag får ta emot i stort sett allt avloppsvatten. Skillnaden är bara att det för närvarande först passerar Munksjön.

### 10.1 Goda syreförhållanden

Oavsett vilket utredningsalternativ som väljs, dvs biologisk rening eller inte, utsläpp till Munksjöns yt- eller bottenvatten, eller utsläpp direkt till Vättern, så kommer syreförhållandena i Vättern att förbli opåverkade. Möjligen finns det risk för en smärre syrereduktion i det grunda mynningsområdet till Munksjöns utflöde i samband med vår- och höstcirkulationer vid fortsatta utsläpp till Munksjöns bottenvatten.

Vid en eventuell förändring av utsläppspunkten till Vätterns södra djupområde med utsläpp via en diffusor kommer utspädningen av syreförbrukande ämnen att bli så effektiv, och syresättningsförmågan hos Vätterns vatten vara så stor, att någon nedsatt syrehalt i vattnet överhuvudtaget inte kommer att vara möjligt att registrera.

### 10.2 Liten alg tillväxt

En möjlig risk för oönskad alg tillväxt i Vättern orsakad av de båda avloppsvattenen kan identifieras i Munksjöns utflödesområde om biologisk

rening utan flotation införs vid Munksjö och utsläppen sker till Munksjöns yta.

Generellt sett gäller istället det omvända, nämligen att Vättern snarare skulle må bra av en ökad tillförsel av fosfor än tvärtom. Södra Vätterns centrala vattenmassa har idag en fosforhalt på 3,0-3,5 µg/l vilket gör sjön till en av de näringsfattigaste i landet. Denna extremt låga näringshalt kan ur flera aspekter vara ohälsosam för sjöns ekosystem (se bl.a. nästa avsnitt). Det har därför under senare år från flera håll förts diskussion kring möjligheten att berika sjön genom viss fosfortillförsel.

Ur detta perspektiv skulle det således vara fördelaktigt att införa biologisk rening vid pappersbruket, vilket skulle leda till ökade fosforutsläpp. Men å andra sidan skulle detta vara ett alltför omständligt (och dyrbart) förfarande för att nå detta syfte. Bättre vore även i detta fall att leda avloppsvattnet via en tub för utsläpp direkt i Vättern. Därmed skulle centrala Vätterns vatten få ett extra tillskott av den 30-procentiga fosforreduktion som under nuvarande förhållanden istället sker i Munksjön.

### 10.3 Låga halter av metaller och stabila organiska ämnen

Ett av de största hoten för Vätterns ekosystem är de förhållandevis höga koncentrationer av kvicksilver och vissa stabila organiska ämnen som förekommer i sjöns fiskfauna. Här spelar förmodligen sjöns extrema näringsfattigdom en stor roll i analogi med tesen om biokoncentrering i avsnitt 9.3. Detta talar för en utsläppsstrategi där så mycket av utsläppt fosfor som möjligt tillförs Vättern istället för Munksjön.

Vidare gäller att i möjligaste mån minimera tillförseln av dessa oönskade ämnen. Bästa sättet att skydda Vättern från föroreningarna i Munksjöns bottnar<sup>p</sup> är med största sannolikhet att upphöra med all pumpning av vatten till sjöns botten.

Men det är inte enbart näringsämnen och syreförbrukande substanser som ingår i avloppsvattnet, åtminstone inte i det kommunala. Det senare kan exempelvis även innehålla läkemedelsrester m.m. Också i detta avseende finns dock ingen anledning att befara någon nämnvärd försämring vid ett eventuellt direktutsläpp till Vättern jämfört med dagens utsläppsförhållanden, såvida inte dessa oönskade ämnen i betydande grad är kopplade till suspenderat material som kan tänkas sedimentera i Munksjön innan det når Vättern.

Massbalansberäkningen har ju visat att endast ca 5 % av det organiska materialet (till vilket oönskade ämnen i stor grad kan förmodas vara kopplade) ”faller ut” i Munksjön genom nedbrytning eller sedimentation under nuvarande utsläppsförhållanden. Hela 95 % går alltså vidare ut till Vättern. Den främsta skillnaden är att dessa eventuella oönskade ämnen i avloppsvattnet exponeras i betydligt högre koncentrationer för växter och

---

<sup>p</sup> Som omtalats i avsnitt 2.5 pågår en utredning om en eventuell sanering av Munksjöns bottnar, men i skrivande stund är inga beslut tagna i denna fråga.

djur i södra Vätterns mynningsområde<sup>9</sup> vid utsläpp till Munksjön, jämfört med om utsläppen sker direkt till vattenmassan i södra Vättern.

En säkerhetsaspekt för Vättern, som talar för att ha kvar utsläppspunkterna till Munksjön, är om det skulle inträffa någon olycka eller annan oförutsedd händelse som leder till betydande utsläpp till vatten. I det läget är utsläpp till Munksjön en förutsättning för att delar av utsläppen ska kunna tas om hand innan de når Vättern. Ett mellanalternativ ur säkerhetssynpunkt vid en eventuell omdirigering av utsläppspunkterna till Vättern är att det fortsättningsvis blir möjligt att även nyttja de ”gamla” utsläppspunkterna till Munksjön vid eventuell olycka e.d., vilket därmed rekommenderas.

## 11 Slutsatser

De slutsatser som kan göras på basis av genomförd utredning är följande:

- För att minska risken för bildning och utlösning av oönskade ämnen från bottensedimenten bör all pumpning av vatten till botten av sjön via värmepumpen upphöra.
- Både pappersbrukets och Simsholmens avloppsvattenutsläpp bör istället omdirigeras till, antingen de ”gamla” utsläppspunkterna i ytan av Munksjön<sup>†</sup>, eller ledas gemensamt via en ny tub direkt ut i Vättern.
- En biorening av Munksjö Papers och SCA:s avloppsvatten kommer inte att leda till förbättrade syreförhållanden i Munksjöns vatten.
- En biorening, i synnerhet utan flotation, ökar istället risken för att oönskad produktion av fytoplankton och påväxt ska uppträda i Munksjön vid fortsatta utsläpp till sjön.
- Ur Vätterns miljöperspektiv leder bedömningen fram till att direktutsläpp till Vättern (enligt redogjort förslag) är att föredra framför utsläpp till Munksjön, respektive utsläpp till ytan av Munksjön framför utsläpp till botten (i det fall utsläppen även fortsättningsvis sker till Munksjön).
- Även vid en eventuell omdirigering av utsläppen direkt till södra Vätterns centrala vattenmassa är reningsgraden av syreförbrukande ämnen i pappersbrukets avloppsvatten relativt oväsentlig, eftersom Vätterns syresättningskapacitet är så oerhört stor.

## 12 Avslutande kommentarer och rekommendation

Ett förestående beslut om val av reningsförfarande och utsläppsstrategi för Munksjö Paper & SCA är inte en isolerad frågeställning för det berörda vattenområdet. Istället kommer en rad andra, såväl vidtagna som förestående, beslut i andra frågor att i varierande grad påverka de framtida förhållandena:

---

<sup>9</sup> I småbåtshamnen m.m.

<sup>†</sup> I Munksjö Papers fall gärna via värmepumpen (som i sin tur dock bör leda ut det värmeväxlade vattnet till Munksjöns ytvatten).

- Vilka krav på rening och framtida utsläppsstrategi kommer att ställas på Simsholmen om man beslutar att även behandla Huskvarnas avloppsreningsvatten i Simsholmens avloppsreningsverk?
- Vilket beslut kommer att tas gällande eventuella åtgärder beträffande Munksjöns bottnar i den utredning som pågår, och kommer detta att påverka konsekvenserna av pappersbrukets utsläpp?
- Vilka krav, behov och önskemål kommer Jönköpings Energi att ha beträffande en fortsatt drift av värmepumpen och vilken beslutsinstans avgör detta<sup>s</sup>?
- Vilka krav och önskemål på Munksjöns framtida vattenkvalitet kommer att ställas från kommunen i arbetet med Jönköpings framtidsvision där Munksjön intar en central roll som blivande stadssjö? I vad mån är kommunen beredd att praktiskt och finansiellt medverka till att deras önskemål förverkligas?
- Kommer pumpning av Vätternvatten till Munksjön via Rocksjön att fortgå med hänsyn till bl.a. den energiåtgång detta medför?

Mycket talar således för att tiden inte är mogen för att ta ett slutgiltigt beslut om pappersbrukets framtida utsläppsförhållanden separerat från dessa övriga frågeställningar. I synnerhet bör en samordning ske med Simsholmen eftersom båda anläggningarna idag utnyttjar en gemensam avloppstub för sina renade utsläpp.

Beslut har nyligen tagits gällande Simsholmens framtid i så måtto att avloppsreningsverket kommer att vara kvar på sin nuvarande plats i åtminstone ytterligare 25-50 år<sup>13</sup>. Utredning pågår dock om framtiden för Huskvarnas AR där ett möjligt scenario således är att Huskvarnas avloppsvatten överförs för rening till Simsholmens AR. Om så blir fallet kommer bl.a. utökade krav på kväverening att ställas.

En omständighet som i så fall bör uppmärksammas och eventuellt är värd att närmare utreda är den tillsats av kemikalier som blir aktuell vid en utökad kväverening vid Simsholmen. För att kväverening ska fungera i kommunala avloppsreningsverk krävs tillsats av en lättnedbrytbar kolkälla (idag tillsätts stora mängder alkohol). Skulle det samtidigt bli aktuellt att införa biologisk rening av skogsindustriella avloppsvatten vid Munksjö, krävs för dess funktion istället ett tillskott av näringsämnen. I det ena fallet har vattnet således ett överskott på närsalter och ett underskott på kol, medan det i det andra fallet istället föreligger överskott på kol och underskott på närsalter.

Rimligen skulle det således vara en stor vinst, såväl ekonomiskt som av miljöskäl, om de båda avloppsvattnen kunde slås samman och renas tillsammans varvid respektive överskott kan nyttjas för en ömsesidig rening<sup>t</sup>. Detta dock under förutsättning att Miljödomstolen finner att det trots slutsatserna i denna utredning finns skäl för att det skogsindustriella vattnet verkligen behöver renas biologiskt, samt att lösningen är tekniskt

---

<sup>s</sup> Jönköpings Energi investerade för några år sedan i en ny sopförbränningsanläggning, vilket kan innebära att behovet minskar att utnyttja värmepumpen för kommunens värmeförsörjning.

<sup>t</sup> Att detta är principiellt möjligt intygas av Eva Tennander, reningstekniker vid ÅF-Process.

gynnsam utan att äventyra avsättningsmöjligheterna för det resulterande bioslammet<sup>u</sup>.

Om så är fallet ligger det närmast till hands att pappersbrukets avloppsvatten även fortsättningsvis renas enligt dagens koncept inom brukets industriområde, medan det därefter pumpas över till Simsholmen (via befintlig tub) för slutlig biologisk rening. Denna lösning talar vidare för att en eventuell gemensam framtida avloppstub till Vättern bör dras från Simsholmens verksamhetsområde snarare än från pappersbruket. En annan faktor som talar för en sådan lösning är skillnaden i långtidsperspektiv för den kommunala reningen och pappersbruket. Medan behovet av kommunal avloppsvattenrening rimligen kommer att förbli stort i Jönköping under många decennier framöver, kanske århundraden, kan rimligen inte samma framtidsperspektiv läggas på pappersbruket och dess fortsatta verksamhet på nuvarande plats. Därför bör en eventuell gemensam tub utgå från den enhet som kan förväntas vara kvar längst i framtiden.

Skulle denna lösning bli aktuell måste man vara uppmärksam på att utloppet i Vättern inte hamnar i närheten av intagspunkten för Jönköpings och Habo kommuns dricksvatten med risk för försämring av detta som följd. Som redan nämnts kan det finnas en fördel i att behålla de gamla utsläppspunkterna till Munksjöns ytvatten intakta som en extra säkerhetsåtgärd, i de fall extraordinära händelser skulle inträffa vid endera anläggningen.

Analysen ovan leder till följande rekommendationer:

- Så snart som möjligt bör beslutas att både pappersbrukets och avloppsreningsverkets renade avloppsvatten fortlöpande förs ut i sina gamla avloppsmynningar i ytan av Munksjön.
- All pumpning av vatten till Munksjöns botten bör upphöra.
- Limnoaggregatet stängs med omedelbar verkan.
- Tills vidare tas inget slutgiltigt beslut om biologisk rening av pappersbrukets avloppsvatten.
- En sådan reningsåtgärd kan miljömässigt endast motiveras om den samordnas med en samtidig kväverening av Simsholmens avloppsvatten där ämnen i respektive vatten kan nyttjas ömsesidigt.
- Beslut om en eventuell gemensam avloppstub direkt till Vättern kan tas först efter det att tidigare nämnda frågeställningar utretts och en teknisk, miljömässig och ekonomisk analys gjorts av pappersbruket och kommunen gemensamt.

---

<sup>u</sup> Idag används den stora merparten genererat bioslam vid Simsholmen AR som gödningstillskott i jordbruk.



## Referenser

---

- <sup>1</sup> Lindeström, L. (2007). Munksjön & avloppsreningsverken. Förutsättningar, möjligheter, konsekvenser. Rapport för Jönköpings kommun.
- <sup>2</sup> Jönköpings kommun (2008). Jönköping – staden och sjöarna. Stadsbyggnadsvision 2,0, från tanke till handling. Antagen av kommunfullmäktige 2 oktober 2008.
- <sup>3</sup> Jönköpings kommun (2008). Kartläggning av förorenade områden inom Stadsbyggnadsvision 2,0, område 4 samt 6-11. Rapport 2008-10-07.
- <sup>4</sup> SMHI (1994). Avrinningsområden i Sverige, Vattendrag till Egentliga Östersjön och Öresund. Svenskt Vattenarkiv. SMHI Hydrologi Nr 50.
- <sup>5</sup> Vätterns tillflöden (Jönköpings län), årsrapporter för Vätternvårdsförbundet.
- <sup>6</sup> Naturvårdsverket (1999). Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag. NV rapport 4913.
- <sup>7</sup> Alcontrol Laboratories (2008). Vätterns tillflöden inom Jönköpings län 2007.
- <sup>8</sup> Larm, T. (1994). Dagvattnets sammansättning, recipientpåverkan och behandling. VA-forsk rapport nr 1994-06.
- <sup>9</sup> Carlsson, A. & Flood, M. (2005). Munksjö Paper AB, Jönköping. Redogörelse enligt förordningen SFS 2004:989. Rapport från ÅF-Process AB.
- <sup>10</sup> Håkansdotter Palm, L. & Tennander, E. (2007). Munksjö Paper AB. Kompletteringar av redovisning enligt förordningen SFS 2004:989. Rapport från ÅF-Process AB.
- <sup>11</sup> Lindeström, L. (2000). Metaller och stabila organiska ämnen i Munksjön. Källor och halter i olika media under 1998-99. Rapport för Jönköpings kommun och Munksjö Paper.
- <sup>12</sup> Bremle, G. (1997). Polychlorinated biphenyls (PCB) in a river system. Doktorsavhandling vid Lunds Universitet.
- <sup>13</sup> Personlig information från Mats Kall, Jönköpings kommun.

## Bilaga

Matematisk beskrivning av syrgasmodellen (se tabell 2 och 3 för en beskrivning av ingående konstanter och variabler). I tabell 1 nedan beskrivs de fyra differentialekvationerna i text – höger i ekvationerna motsvarar kolumnerna uppifrån och ned i tabellen).

$$\begin{aligned}\frac{dC_y}{dt} &= \frac{Q_{in}}{V_y} (C_{in} - C_y) - \frac{v_d C_y}{d_y} + \frac{v_u (C_b - C_y)}{d_y} + \frac{Q_{vp} C_b}{V_y} - C_{yOX} \\ \frac{dC_b}{dt} &= \frac{v_d C_y}{d_b} - \frac{v_u (C_b - C_y)}{d_b} - \frac{v_s C_b}{d_b} + \frac{m_{bIN}}{V_b} - \frac{Q_{vp} C_b}{V_b} - C_{bOX} \\ \frac{dO_y}{dt} &= \frac{Q_{in}}{V_y} (O_{mätt} - O_y) + \frac{v_u (O_b - O_y)}{d_y} + \frac{m_{atm}}{V_y} - \frac{Q_{yiv} O_y}{V_y} - C_{yOX} \\ \frac{dO_b}{dt} &= \frac{Q_{yiv} O_y}{V_b} + \frac{m_{lim}}{V_b} + \frac{O_{utsl} (r_{Munk} Q_{munk} + r_{Sims} Q_{sims})}{V_b} - \frac{v_u (O_b - O_y)}{d_b} - C_{bOX}\end{aligned}$$

där

$$C_{yOX} = \frac{m_{yOX}}{V_y} \quad \text{om } C_y > O_{2OX}$$

$$C_{yOX} = 0 \quad \text{om } C_y \leq O_{2OX}$$

$$C_{bOX} = \frac{m_{bOX}}{V_b} + \frac{m_{sed}}{V_b} \quad \text{om } C_b > O_{2OX}$$

$$C_{bOX} = 0 \quad \text{om } C_b \leq O_{2OX}$$

$$C_{in} = \frac{m_{yIN}}{Q_{in}}$$

$$m_{yIN} = m_{Tab} + m_{Rock} + m_{dagv} + (1 - r_{Munk}) m_{Munk} + (1 - r_{Sims}) m_{Sims} + m_{prim}$$

$$m_{bIN} = r_{Munk} \cdot m_{Munk} + r_{Sims} \cdot m_{Sims}$$

$$Q_{in} = Q_{Tab} + (Q_{Rock} - Q_{Munk}) + Q_{dagv} + Q_{Munk} + Q_{Sims}$$

$$Q_{vp} = r_{Munk} \cdot Q_{Munk} + r_{Sims} \cdot Q_{Sims} + Q_{yiv}$$

$$v_u = SS \quad \text{om } T_{Munk} > T_o$$

$$v_u = SV \quad \text{om } T_{Munk} < T_u$$

$$v_u = MIX \quad \text{om } T_u \leq T_{Munk} \leq T_o$$

$$O_{mätt} = e^{-139.34411 + \frac{1.575701 \cdot 10^5}{T_{Munk} + 273.15} - \frac{6.642308 \cdot 10^7}{(T_{Munk} + 273.15)^2} + \frac{1.243800 \cdot 10^{10}}{(T_{Munk} + 273.15)^3} - \frac{8.621949 \cdot 10^{11}}{(T_{Munk} + 273.15)^4}}$$

Tabell 1. Termerna i de fyra differentialekvationerna i den matematiska beskrivningen av syrgasmodellen uttryckta i text.

Dygnsförändring i ytvatten		Dygnsförändring i bottenvatten	
$dC_v/dt$	$dO_v/dt$	$dC_b/dt$	$dO_b/dt$
$O_2$ -EQ (mg/l)	$O_2$ (mg/l)	$O_2$ -EQ (mg/l)	$O_2$ (mg/l)
+ Tillförel av syretärande ämnen till ytvattnet från olika källor	+ Tillförel av syrgasmättat vatten via tillflödena	+ Sedimentation av syretärande ämnen från ytvatten	+ Tillförel av syrgas från ytvattnet via värmepumpen
- Utflöde via Munksjöns utlopp	- Utflöde av syrgas via Munksjöns utlopp	± Diffusion till/från ytvattnet via språngskiktet	+ Tillförel av syrgas via Limnoaggregatet
- Sedimentation till bottenvattnet	± Diffusion till/från bottenvattnet via språngskiktet	- Sedimentation till botten-sedimenten	+ Tillförel av syrgas via utsläppen från Munksjö Paper AB och Simsholmens ARV
± Diffusion till/från bottenvattnet via språngskiktet	+ Direkt tillförel av syrgas från atmosfären via sjöytan	+ Tillförel av syretärande ämnen från Munksjö Paper AB och Simsholmens ARV	± Diffusion till/från ytvattnet via språngskiktet
+ Upptäckning av bottenvatten pga pumpning	- Syrgas som pumpas ner via värmepumpen till bottenvattnet	- Upptäckning av bottenvatten pga pumpning	- Syrgas som åtgår vid oxidation av syretärande ämnen i bottenvattnet och botten-sedimenten
- Oxidation	- Syrgas som åtgår vid oxidation av syretärande ämnen i ytvattnet	- Oxidation	

Tabell 2. Sammanställning av de konstanter som ingår i modellen.

Beskrivning av konstant		Värde	Enhet	Referens
Sedimentationshastighet bottenvatten		5	m/år	Kalibrerat värde
	$V_s$	0.014	m/dygn	
Sedimentationshastighet ytvatten		5	m/år	Kalibrerat värde
	$V_d$	0.014	m/dygn	
Sjöareal	area	9.44E+05	m <sup>2</sup>	Litteraturuppgift
Volym ytvatten	$V_y$	4.60E+06	m <sup>3</sup>	Uppskattat från djupkartan
Volym bottenvatten	$V_b$	4.10E+06	m <sup>3</sup>	Uppskattat från djupkartan
Medeldjup ytvatten	$d_y$	4.9	m	Uppskattat från djupkartan
Medeldjup bottenvatten	$d_b$	4.3	m	Uppskattat från djupkartan
Primärproduktion, temperaturvillkor	$p_{Temp}$	4	°C	Antagande
Tillförsel av syretärande ämnen genom primärproduktionen i Munksjön	$m_{prim}$	154038	g/dygn	Uppskattning
Temperaturvillkor, isläggning	$O_{2temp}$	1	°C	Uppskattning
Månadsvillkor Limno, från månad	$L_f$	5	månad	Antagande
Månadsvillkor Limno, till månad	$L_t$	10	månad	Antagande
Diffusionskonstant, språngskikt sommar	SS	0.007	m <sup>-2</sup>	Empirisk konstant
Diffusionskonstant, språngskikt vinter	SV	0.007	m <sup>-2</sup>	Empirisk konstant
Diffusionskonstant, språngskikt vinter	MIX	0.500	m <sup>-2</sup>	Antagande
Undre gränstemperatur	$T_u$	4.2	°C	Uppskattning
Övre gränstemperatur	$T_o$	10	°C	Uppskattning
Syretäringspotential i ytvatten	$m_{yOX}$	1000000	g O <sub>2</sub> EQ/dygn	Kalibrerat värde
Syretäringspotential i bottenvatten	$m_{bOX}$	100000	g O <sub>2</sub> EQ/dygn	Kalibrerat värde
Undre syrgashalt då oxidation sker	$O_{2OX}$	0.5	mg/l	Uppskattat värde
Syrgashalt i utsläppen	$O_{utsl}$	5	mg/l	Uppskattat värde
Syretäringspotential sediment	$m_{sed}$	760000*0,5	g O <sub>2</sub> EQ/dygn	Referens
Tillförsel av syretärande ämnen via dagvattenutsläpp	$m_{Dagv}$		g/dygn	Uppskattat värde
Tillförsel av syrgas till bottenvattnet från Limno-aggregatet	$m_{lim}$	100000	g/dygn	Kalibrerat värde
Tillförsel av syrgas direkt till Munksjön från atmosfären	$m_{atm}$	1000000	g/dygn	Kalibrerat värde
Tillförsel av syretärande ämnen via Rocksjön	$m_{Rock}$		g/dygn	Uppskattat värde
Vattenflöde via Rocksjön	$Q_{Rock}$		m <sup>3</sup> /dygn	Uppskattat värde

Tabell 3. Sammanställning av de variabler som ingår i syrgasmodellen.

Beskrivning av variabel	Förkortning	Enhet	Referens
Koncentration av syretärande ämnen i bottenvattnet	$C_b$	mg/l	Intern modellvariabel
Koncentrationsförändring för syretärande ämnen till följd av oxidation i bottenvattnet	$C_{bOX}$	mg/l	Intern modellvariabel
Koncentration av syretärande ämnen i till Munksjöns ytvatten	$C_{in}$	mg/l	Intern modellvariabel
Koncentration av syretärande ämnen i ytvattnet	$C_y$	mg/l	Intern modellvariabel
Koncentrationsförändring för syretärande ämnen till följd av oxidation i ytvattnet	$C_{yOX}$	mg/l	Intern modellvariabel
Tillförsel av syretärande ämnen till bottenvattnet	$m_{bIN}$	g/dygn	Tidsserie
Tillförsel av syretärande ämnen från Munksjö Paper AB	$m_{Munk}$	g/dygn	Tidsserie
Tillförsel av syretärande ämnen från Simsholmens ARV	$m_{Sims}$	g/dygn	Tidsserie
Tillförsel av syretärande ämnen via Tabergså	$m_{Tab}$	g/dygn	Tidsserie
Tillförsel av syretärande ämnen till ytvattnet	$m_{yIN}$	g/dygn	Intern modellvariabel
Syrgashalt i bottenvattnet	$O_b$	mg/l	Intern modellvariabel
Syrgaskoncentration vid aktuell temperatur och full mättnad	$O_{mätt}$	mg/l	Beräknad koncentration baserad på vattentemperatur
Syrgashalt i ytvattnet	$O_y$	mg/l	Intern modellvariabel
Vattenflöde i dagvattentillflödena	$Q_{dagv}$	$m^3/dygn$	Tidsserie
Vattentillflöde till Munksjöns ytvatten	$Q_{in}$	$m^3/dygn$	Intern modellvariabel
Vattenflöde från Munksjö Paper AB	$Q_{Munk}$	$m^3/dygn$	Tidsserie
Vattenflöde från Simsholmens ARV	$Q_{Sims}$	$m^3/dygn$	Tidsserie
Vattenflöde i Tabergså	$Q_{Tab}$	$m^3/dygn$	Tidsserie
Vattenflöde via värmepumpen till bottenvattnet	$Q_{vp}$	$m^3/dygn$	Tidsserie
Mängd ytvatten som pumpas ner till bottenvattnet via värmepumpen	$Q_{ytv}$	$m^3/dygn$	Tidsserie
Andel av Munksjö Paper ABs utsläpp som leds till bottenvattnet via värmepumpen	$R_{Munk}$	-	Tidsserie
Andel av Simsholmens utsläpp som går till bottenvattnet via värmepumpen	$R_{Sims}$	-	Tidsserie
Vattentemperatur i Munksjön	$T_{Munk}$	°C	Tidsserie
Diffusionskonstant	$v_u$	$m^{-2}$	Intern modellvariabel



DEL 5

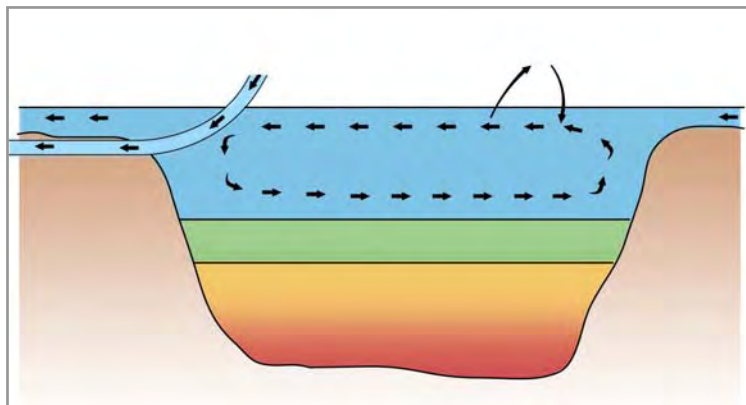




# Munksjön

den nya  
stadssjön

Aktuella miljöförhållanden  
och möjliga scenarier



Fryksta & Jönköping 2005-02-18

Lennart Lindeström, Svensk MKB  
Bertil Gustafsson, Jönköpings kommun  
Måns Lindell, Vätternvårdsförbundet

## Sammanfattning

Munksjön hade en gång i tiden stor betydelse för staden Jönköping, men under 1900-talet har staden alltmer vänt den ryggen. Mellan stadens centrum och Munksjön har trafikleder byggts, samtidigt som sjön i huvudsak utnyttjats som en extra sedimentations- och reningsbassäng för avloppsutsläpp.

Genom högskolans utbyggnad, Stadsbyggnadsvisionen och projektet Norra Munksjön fokuseras Munksjön åter alltmer. Den pågående utvecklingen av Jönköpings centrum kommer att placera Munksjön i centrum av staden. Att skapa en attraktiv stadssjö i detta nav menar vi är viktig för stadens framtida utveckling.

Med denna skrift vill vi tydliggöra och uppmärksamma Munksjöns framtida betydelse som Jönköpings stadssjö. Vi beskriver hur miljöförhållandena i sjön ser ut idag, och ger förslag på hur dessa kan förbättras.

Det största problemet för Munksjöns miljö kvalitet är de stora mängder cellulosafiber som täcker en del av dess botten. Detta material härrör från tidigare utsläpp från pappersbruket, från den tid det var normalt att släppa ut orenat avloppsvatten i våra sjöar och vattendrag. **Om Munksjön ska kunna "tillfriska" inom överskådlig tid, anser vi att detta fibermaterial måste tas bort från sjön.** Det kan ske genom s.k. sugmuddring, men kräver mycket förberedelsearbete och är dyrt. Det måste även utredas var man ska göra av det material som tas upp ur sjön, och vem som ska betala. Vi föreslår att en arbetsgrupp bildas så snart som möjligt, där berörda parter ingår.

**Likaså finns det all anledning att se över hur vatten idag leds ut till, och pumpas runt i Munksjön,** eftersom ingen verkar ha den fulla överblicken över detta. Dessutom förbrukas antagligen en hel del energi i onödan, samtidigt som en större vattenvolym i sjön än nödvändigt har dåliga syreförhållanden.

Detta hänger delvis samman med en annan viktig fråga, nämligen om Munksjön även i framtiden ska ta emot avloppsvatten från pappersbruket och kommunens reningsverk, och i så fall var och hur dessa (numera renade utsläpp) ska ledas ut i sjön. Vi presenterar några olika alternativ och pekar på för- och nackdelar med dessa. En viktig aspekt att ta hänsyn till är de föroreningar, förutom cellulosafiber, som finns kvar i Munksjöns botten sediment. Det handlar exempelvis om kvicksilver och PCB, som i möjligaste mån måste hindras från att komma ut i Vättern. En annan omständighet är de mycket dåliga syreförhållanden som idag råder i sjöns djupare parti, och som får både direkta och indirekta miljökonsekvenser.

**Bäst för Munksjön och antagligen även bra för Vättern, tror vi är att leda ut de renade avloppsvatten till Vättern och låta dem mynna på stort djup.** Men innan man kan fastslå att denna lösning verkligen är den bästa, så måste även detta alternativ utredas mer i detalj.

# Innehåll

## SAMMANFATTNING

<b>MUNKSJÖN VID SÖDRA VÄTTERN.....</b>	<b>2</b>
JÖNKÖPINGS TRE SJÖAR .....	2
EN GÅNG VAR MUNKSJÖN VIKTIG FÖR STADEN .....	3
STADEN VÄNDE SJÖN RYGGEN .....	4
EN RENÄSSANS ÄR PÅ GÅNG .....	4
MUNKSJÖN - VIKTIG FÖR JÖNKÖPINGS FRAMTID.....	5
<b>HUR SER MILJÖFÖRHÅLLANDENA UT IDAG? .....</b>	<b>6</b>
MUNKSJÖN BLANDAS OM TVÅ GÅNGER PER ÅR .....	6
BOTTNARNA INNEHÅLLER FÖRORENINGAR .....	7
FÅ ORGANISMER PÅ DJUPEN .....	8
MUNKSJÖN – EN FÄLLA ELLER KÄLLA? .....	9
<b>VAD KAN GÖRAS FÖR ATT FÖRBÄTTRA MILJÖFÖRHÅLLANDENA? .....</b>	<b>10</b>
MUDDRA FIBERBANKEN .....	10
<i>Hur mycket cellulosafiber finns det i sjön?.....</i>	<i>10</i>
<i>Vad är problemet med fibern? .....</i>	<i>11</i>
<i>Hur länge kommer detta att fortsätta?.....</i>	<i>12</i>
<i>Vad kan man göra?.....</i>	<i>12</i>
<i>Vad kostar det och vem betalar?.....</i>	<i>13</i>
ÄNDRA SJÖNS VATTENBALANS .....	13
<i>Mycket vatten pumpas fram och tillbaka! .....</i>	<i>13</i>
<i>Vad är det som inte är bra? .....</i>	<i>15</i>
<i>Hur kan det fungera bättre?.....</i>	<i>16</i>
<i>Vilket är det bästa alternativet?.....</i>	<i>18</i>
<i>Vad betyder det att södra Vättern är ett Natura 2000-område?.....</i>	<i>20</i>
<b>HUR GÅR VI VIDARE? .....</b>	<b>22</b>

# Munksjön den nya stadssjön

## Aktuella miljöförhållanden och möjliga scenarier

### Munksjön vid södra Vättern

#### Jönköpings tre sjöar

Tre sjöar i direkt anslutning till centrum är en unik kvalitet hos en stad. Kvalitén förstärks än mer av att det är tre sjöar med olika karaktärer och möjligheter. Vättern – det stora vida innanhavet med de storslagna vyerna, Rocksjön – natursjön med ett rikt växt- och djurliv inpå stadskärnan, samt Munksjön – stadssjön vars stränder stryker tätt intill stadens centrum.

En av de viktigaste utmaningarna för att skapa ett ännu attraktivare Jönköping är att bättre utnyttja dessa sjöars fantastiska möjligheter!

*Jönköpings tre sjöar –  
Vättern till höger,  
Rocksjön närmast, och  
Munksjön borta till  
vänster.*



Munksjön framstår alltmer som en central faktor för Jönköpings framtida utveckling. Att göra Munksjön mer tillgänglig och attraktiv som rekreatjons- och aktivitetsjö måste vara ett självklart mål för framtiden.

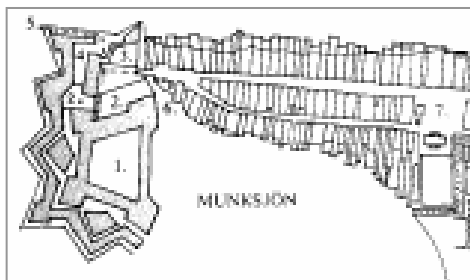


*Munksjön sett från ovan före utfyllnaden i NO. Sjön har en yta på nästan 1 km<sup>2</sup> och rymmer ungefär 8,5 miljoner liter vatten. Den har medeldjupet 8 meter och ett största djup på 21 meter.*

## En gång var Munksjön viktig för staden

Under en stor del av Jönköpings historia har Munksjön haft viktiga funktioner för stadslivet.

Medeltidsstaden på Väster hade ingen direkt kontakt med "lillsjön". Men i och med att staden flyttade till Sanden på Öster, kom bebyggelsen och stadslivet i direkt kontakt med Munksjöns vattenlinje. Smedjegatans successiva framväxt under 1600-talet anpassades till strandlinjen och stadsgårdarna utnyttjades för hantverkarnas och hushållens vattenbehov. Munksjön hade under hundratals år en viktig roll som skyddad hamn och lastageplats.



*Karta 1696*



*Karta 1868*



*Ekonomisk karta 1954*

*Norra Munksjöns stränder under tre epoker.*

Liv och rörelse präglade Munksjön och dess stränder ända fram till mitten av 1900-talet. Sjön var i hög grad en del av stadens liv. Där badade man, åkte båt till folkparken, spelade bandy mm.

## Staden vände sjön ryggen

Under andra hälften av 1900-talet förlorade Munksjön alltmer sin centrala roll i staden. Trafikleder byggdes och blev barriärer mellan sjön och staden i dess norra del. Sjön förlorade sin roll som hamn och lastplats.

Fram till början av 1970-talet släppte pappersbruket vid Munksjöns västra strand ut allt sitt avloppsvatten orenat direkt i sjön. Sedan dess har avloppsvattnet börjat att renas i allt högre grad. Idag är utsläppen en bråkdel av vad de en gång var, men påverkar ändå miljöförhållandena i Munksjön. Kring 1940 byggde kommunen ett avloppsreningsverk vid sjöns östra strand, vars avloppsvatten även det mynnar i Munksjön. Som en följd av detta är det idag inte många av Jönköpingsborna som kan tänka sig att bada i sjön. Man känner nog även tveksamhet för att äta fisk från Munksjön, trots att fisken går bra att äta enligt gällande gränsvärden.

Staden och dess invånare har alltmer vänt sig bort från Munksjön.

## En renässans är på gång

Genom Högskolans utbyggnad i direkt anslutning till Munksjön och genomförandet av de båda projekten Stadsbyggnadsvisionen och Norra Munksjön, fokuseras nu Munksjön och dess betydelse för Jönköpings framtida utveckling. Tillkomsten av den nya bron och ny varierad bebyggelse utmed sjön kommer att leda till att Munksjöns norra stränder får en betydligt större roll för staden än idag. Munksjön kommer att bli en del av stadskärnan med uteserveringar, promenadstråk m.m. invid stränderna.



*Den nya bron och den planerade bebyggelsen längs Munksjöns norra stränder.*

Redan idag uppskattas promenadstråket runt sjön och utnyttjas i olika sammanhang. I det korta perspektivet kommer gång- och cykelstråket att utvecklas.

Munksjön är redan nu basen för många vattenaktiviteter såsom vattenskidtävlingar, roddtävlingar och metartävlingar med SM-status. Det är viktigt att både värna om denna befintliga verksamhet och samtidigt skapa förutsättningar för att utveckla nya aktiviteter och verksamheter.

För den skull får vi aldrig glömma bort de behov som pappersbrukets och kommunens reningsverk har för sina verksamheter vid Munksjön. Det gäller att finna framtida lösningar som kan passa alla parter!

## Munksjön - viktig för Jönköpings framtid

Den hittillsvarande och pågående utvecklingen av områdena kring norra delen av Munksjön pekar entydigt på en möjlighet för en fortsatt utveckling av markerna kring hela Munksjön, och därmed på sjön själv. Illustrationen nedan visar på möjligheter till expansion kring sjön. Munksjön måste få spela en central roll i utvecklingen av framtida Jönköping.



*Munksjön i en framtidsvision.*

Munksjöns centrala roll kommer att tas upp i ett fortsatt visionsarbete efter att stadsbyggnadsvisionen i sin nuvarande omfattning genomförts inom några år. Detta fortsatta visionsarbete planeras starta under år 2005.

Det är alltså hög tid att vi på allvar ställer oss frågan vilken roll Munksjön ska ha i framtiden. Vi som skrivit denna skrift tror på en utveckling mot en prominent och attraktiv stadssjö, som blir navet för en fortsatt utveckling av staden. Då kan rekreationsytor och attraktivitet på och runt Munksjön skapas, liksom ny bostadsbebyggelse och högklassiga verksamheter.

I den här skriften beskriver vi miljöförhållandena i sjön som de ser ut idag, och diskuterar vad som kan göras för att skapa den goda stadssjön av Munksjön. **Vi tror att denna fråga är av stor betydelse för Jönköpings framtida utveckling!**

# Hur ser miljöförhållandena ut idag?

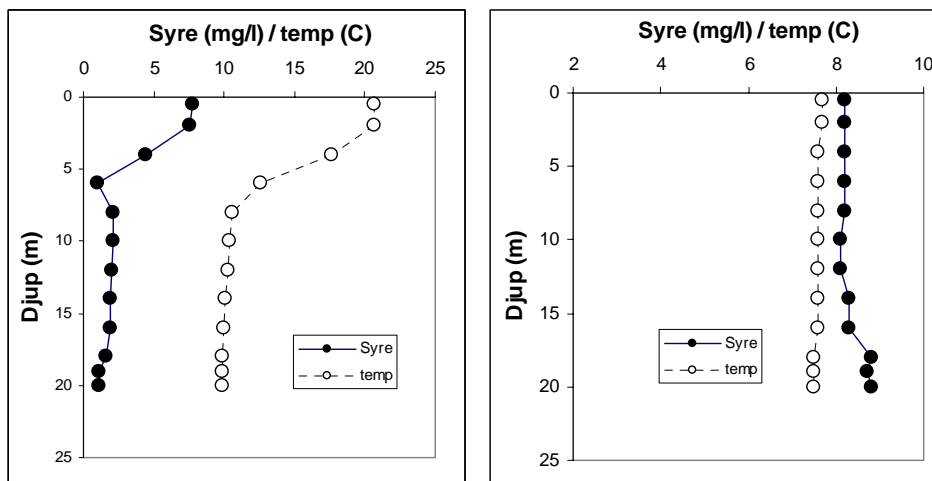
För att Du som läsare ska förstå vad vi vill åstadkomma genom de åtgärder vi föreslår, måste vi börja med att förklara hur Munksjön fungerar och hur den mår idag.

## Munksjön blandas om två gånger per år

I de flesta sjöar av Munksjöns storlek sker varje sommar en tydlig temperaturskiktning av vattenmassan till följd av temperaturskillnader i yt- och bottenvattnet. Temperaturen påverkar vattnets täthet, vilket leder till att det svalare och därmed tyngre vattnet hamnar i botten av sjön. Det uppvärmda ytvattnet är lättare och blir på så sätt kvar i sjöns övre del. Mellan dessa vattenmassor bildas ett s.k. språngskikt. Detta kan man märka när man badar och vattentemperaturen är behaglig i ytan, men kall när man sticker ned fötterna en bit.

Språngskiktet fungerar som ett golv för ytvattnet och ett tak för bottenvattnet. Mellan dessa vattenmassor sker nästan inget utbyte om språngskiktet är kompakt. Allt eftersom ytvattnet värms upp trycks språngskiktet djupare ner i sjön.

I Munksjön ligger språngskiktet på 4-5 meter djup under sensommaren. Men det borde ligga ungefär dubbelt så djupt. Att så inte är fallet beror på att det pumpas en massa vatten ner i botten av sjön, som lyfter upp språngskiktet till en onormalt hög nivå. Detta beskrivs mer i detalj i ett senare avsnitt.



Temperatur och syrgas i Munksjön under skiktade förhållande (till vänster), samt under cirkulation (till höger). Data från juli och september 2003.

Det höga språngskiktet får också till följd att vattnets syrehalt är låg i en betydligt större del av Munksjöns vattenmassa än vad det borde vara. Under stora delar av året saknas idag syrgas nästan helt från språngskiktet och ända ner till botten. De dåliga syreförhållandena beror i sin tur på att det finns mycket substans och ämnen i vattnet och på bottarna som förbrukar



syrgasen. En del av dessa är naturliga, men det mesta kommer från nuvarande och tidigare utsläpp till sjön. En luftare har placerats i centrala Munksjön för att försöka förbättra förhållandena.

På hösten faller lufttemperaturen och därmed också ytvattnets temperatur. När yt- och bottenvattnet har fått samma temperatur, blandas de med varandra, och på så sätt syresätts bottenvattnet igen. Men med bottenvattnet följer också en hel del oönskade ämnen från framför allt bottenarna, såsom kvicksilver, PCB m.m. (se nedan). En del av dessa lämnar Munksjön och förs ut i Vättern.

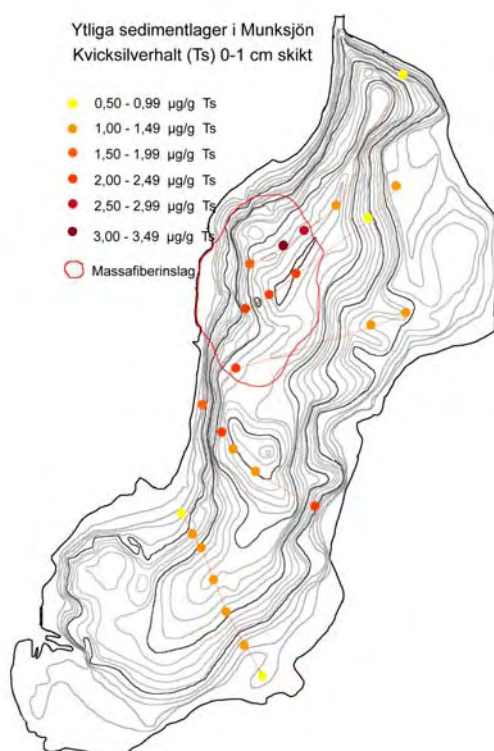
Samma sak händer vinter och vår, fast tvärtom. Ett språngskikt bildas därför att ytvattnet blir kallare än bottenvattnet (vatten är tyngst vid 4 °C). På våren när ytvattnet värms upp, cirkulerar sjön en gång till.

## Bottnarna innehåller föroreningar

Att miljöförhållandena i Munksjön varit ansträngda har varit känt sedan länge. Runt sjön och i dess avrinningsområde har olika verksamheter bedrivits som påverkat, och fortfarande påverkar, sjöns miljökvalitet.

Ungefär 7 % av Munksjöns bottenyta täcks av cellulosafiber. Dessa härrör från pappersbruket genom utsläpp som skedde för flera decennier sedan innan fabriken hade sin nuvarande rening. Utbredningen och mäktigheten hos dessa fibermassor beskrivs i ett senare avsnitt.

Vid samma tidpunkt användes en form av kvicksilver, fenylikvicksilver, vid cellulosatillverkning för att hindra påväxt av alger på processutrustningen. En del av detta kvicksilver finns kvar i den cellulosafiber som nu ligger i Munksjön. I takt med att fibern nu bryts ner, sprids kvicksilvret till övriga delar av sjön.



*Kvicksilverhalt i ytliga sedimentlager i Munksjön. Tecken på gradienter från fiberbanken tyder på att det är cellulosafibern som är den främsta kvicksilverkällan.*

Den genomsnittliga koncentrationen av kvicksilver i Munksjöns ytliga sedimentlager är ca 1,5 mg/kg torrt prov. Detta är ungefär tio gånger högre än den halt man finner i opåverkade sjöar i södra Sverige. Enligt en tidigare överslagsberäkning finns det ca 400 kg kvicksilver i fiberbanken och bottensedimenten. Andra metaller som är förhöjda i Munksjöns botten är koppar och krom och i viss mån nickel och zink. Dessa metaller kommer främst från andra källor än pappersbruket, källor i Jönköpings tätort och i andra delar av Tabergsåns avrinningsområde. Även en del kvicksilver kan komma från annat håll.

Också vissa andra organiska ämnen än cellulosafiber förekommer i förhöjda halter i Munksjöns sediment. Ett sådant är olja, som upptäckts i höga halter i delar av sjön. Likaså är koncentrationen av det stabila och miljöfarliga ämnet PCB 7-10 gånger högre i Munksjöns botten än i andra sjöar i länet. Även det mycket giftiga ämnet dioxin förekommer i förhöjda halter jämfört med omgivande sjöar.



*Oljehaltiga sedimentproppar från Munksjön. Närmare 0,5 % olja har uppmätts i centrala Munksjöns botten.*

*Den stabila organiska ämnesgruppen PCB (polyklorerade bifenyl) förekommer i flera s.k. kongener bland vilka vissa är mindre och andra mer giftiga. PCB-mönstret hos fisk tyder på att det finns en "lokal källa", som antagligen är sjöns egna sediment.*

*Några PCB liknar de mycket giftiga dioxinerna till utseende och funktion.*

## Få organismer på djupen

Genom att syrgasen nästan helt tar slut under stora delar av året i Munksjöns djupare vattenmassor, finns det heller inte många djur som kan leva på dessa botten. Dessutom kan djursamhällena vara påverkade av metaller och olja m.m. Provfisken har visat att nästan ingen fisk påträffas i Munksjön på större djup än 5 meter.

Men i sjöns ytliga vattenlager över språngskiktet är miljösituationen förhållandevis bra. Här ser de bottenlevande djursamhällena normala ut, även om sammansättningen visar att sjön är påverkad av organiskt material och näringsämnen. Här lever också mycket fisk, minst 16 fiskarter har påträffats. Flera av dem leker i sjön, t ex gös och abborre.

Genom att språngskiktet effektivt hindrar föroreningar från djupbottenarna att nå sjöns ytliga vatten, innehåller fisken i Munksjön inte nämnvärt högre halter av metaller och stabila organiska ämnen än andra närliggande sjöar. Det är egentligen endast då sjön cirkulerar som fisken exponeras för dessa ämnen. Samtidigt gör de näringsrika förhållandena att gifterna får mindre genomslag i sjöns ekosystem.

### Miljökontroll i Munksjön

Miljöförhållandena i Munksjön kontrolleras fortlöpande. Det har sedan 1970-talet genomförts närmare ett femtiotal undersökningar av sjön. Dessutom görs en årlig rapportering av miljötillståndet inom ramen för den samordnade recipientkontrollen.

Varje månad tas prover i hela sjöns vattenprofil och i utflödet till Vättern. Provtagning sker samordnat av Vätternvårdsförbundet och recipientkontrollen i södra Vättern. I provtagningarna ingår såväl vattenkemi som olika miljögifter i både sediment och i fisk. Dessutom görs specialstudier i olika sammanhang.

På senare år har även en rad miljökonsekvensbeskrivningar höjt kunskapsläget om Munksjöns miljötillstånd. Sådana har utförts t ex i samband med:

- Jönköpings Energi för kraftvärmeverket vid Torsvik
- Utfyllnad och brobygge i Munksjön
- Förnyad produktion vid Smurfit Munksjö AB

Sammantaget utgör de befintliga undersökningsresultaten en god grund för att beskriva miljötillståndet i Munksjön. Det finns dock ytterligare moment som behöver beskrivas inför de framtida åtgärder som föreslås.

## Munksjön – en fälla eller källa?

Normalt sett fungerar en sjö mer som en fälla än en källa. Större eller mindre del av de partiklar och lösta ämnen som förs till sjön via åar, dagvatten, avloppsutsläpp m.m. stannar kvar genom att direkt eller indirekt sedimentera till bottenarna. På motsvarande sätt fungerar Munksjön idag som en fälla för en del av tillförseln via Tabergsåån och avloppsutsläpp.

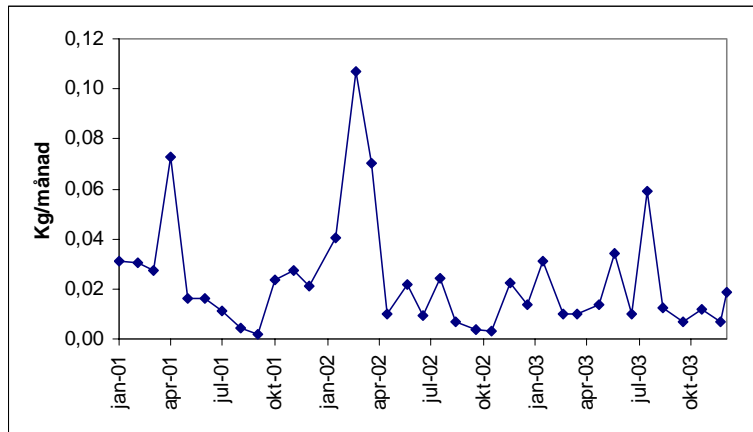
Samma funktion som källa har Munksjön också haft för tidigare utsläpp av cellulosafiber, kvicksilver, stabila organiska föreningar m.m. Men idag mottar sjön inga, eller bara små, kvantiteter av dessa ämnen och substanser. Istället fungerar sjöns bottenar, där dessa ämnen hamnat genom tidigare utsläpp, som en källa för övriga sjön, och även för Vättern.

Massbalanser som tidigare gjorts på ganska osäkra mätunderlag antyder exempelvis att ungefär lika mycket kvicksilver som tillförs Munksjön förs vidare ut i Vättern. Men under senare år har intensifierade mätningar gjorts, som indikerar att utflödet av kvicksilver framför allt verkar ske under de korta perioder när sjön cirkulerar varje vår och höst. Därför är det troligt att utflödet av kvicksilver till Vättern i praktiken är större än till förseln till Munksjön, och att sjöns bottenar därmed fungerar som en källa för kvicksilver.

På motsvarande sätt finns det risk för att de stabila organiska ämnena i Munksjöns botten sediment, frigörs och förs ut i Vättern. Vätterns stora känslighet för PCB, dioxin och andra långlivade föreningar gör att vi måste få bättre kunskap om hur stor denna risk är.

**Vi bedömer således att risken är stor för att Munksjöns bottenar idag fungerar som en källa för kvicksilver och stabila organiska ämnen till Vättern, där dessa ämnen förekommer i förhöjda halter i fisken.**

*Uppmätt transport av kvicksilver (kg/mån) från Munksjön till Vättern. Eftersom provtagningar endast görs en gång per månad "missar" man ofta dessa tillfällen, men några gånger har man lyckats verifiera detta utflöde.*



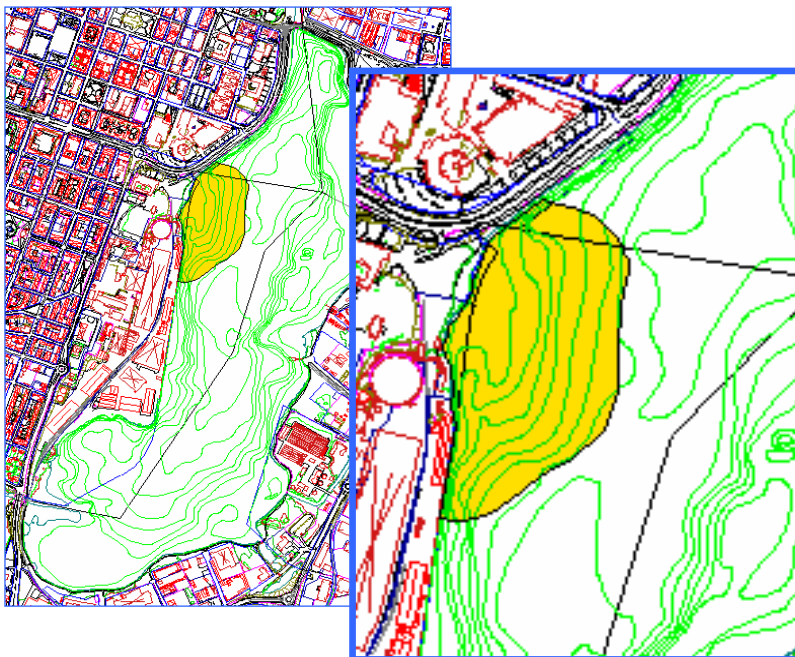
## Vad kan göras för att förbättra miljöförhållandena?

Det är framför allt två åtgärder som krävs för att förbättra miljöförhållandena i Munksjön; att fiberbanken muddras och att flödet av vatten i sjön ändras, dvs det sätt på vilket olika slags vatten förs ut och pumpas fram och tillbaka i sjön.

### Muddra fiberbanken

Hur mycket cellulosafiber finns det i sjön?

De senaste karteringarna av Munksjöns vattendjup gjordes 1998 och 2002. Enligt dessa är drygt 7 ha av sjöns bottenyta täckt av en bank bestående av relativt intakt cellulosafiber. Munksjön har efter utfyllnaden i öster en total yta på 93 ha, dvs knappt 1 km<sup>2</sup>.



*Enligt den senaste djupkarteringen 2002 är den gulmarkerade ytan täckt av ett varierande tjockt lager av cellulosafiber. Denna fiberbank upptar en yta på ca 7,3 ha.*

Vid karteringen 2002 kunde man med hjälp av ekolodet också utläsa att de närliggande bottarna öster- och norrut innehöll ett ytskik som såg annorlunda ut. Detta skulle man kunna definiera som ett fibersediment, dvs ett sediment med varierande inslag av cellulosafiber, som är mer eller mindre nedbrutet. Ytan på detta fibersedimentlager har beräknats till ca 1,6 ha. Angränsande bottnar söder om banken undersöktes inte.

Ingen noggrann mätning har gjorts under senare år av fiberbankens mäktighet, dvs hur djup den är i sina olika delar. Endast vid ett tidigare tillfälle, år 1979, har fiberbankens totala djup undersökts genom att prover tagits tvärs igenom hela banken. Men konstaterade då att fiberbanken i sitt mäktigaste parti var över 10 meter tjock. Den totala volymen fiber uppskattades till ca en miljon m<sup>3</sup> och ytan beräknades då till 17,5 ha.

Hur mycket fiberbankens volym har minskat under dessa 25 år till följd av nedbrytning och spridning till resten av sjön, går inte att ange innan detta blivit undersökt.

Vad är problemet med fibern?

En olycklig omständighet är att fiberbanken ligger i en brant slänt från stranden av Munksjön utanför pappersbruket ända ned till närmare 20 meters djup. De övre delarna av den utsätts därmed ständigt för erosion från vågor och is. Mikroorganismer finfördelar fibern i ytskiktet av hela banken, och när materialet på så sätt blir mer lättflyktigt sprids det efterhand över andra delar av Munksjön.

En annan slags spridning av fibern sker till följd av den rötgas som alstras genom nedbrytning under syrefria förhållanden inne i fiberbanken. Denna gas lyfter ibland stora "kakor" av fiberhaltigt material upp till sjöns yta. Efterhand som kakorna sönderdelas, mister de sin flytkraft och sjunker åter till botten. Förutom att fibern på detta sätt sprids över sjön, är det ur estetisk synpunkt inte särskilt trevligt att ibland ha fiberkakor flytande på Munksjöns yta.



*Uppflytande "kaka" från fiberbanken i Munksjön bestående av delvis nedbruten cellulosafiber täckt med ett tunt sedimentlager.*

Den lösgjorda fibern ”mellanlandar” över stora delar av sjön, men hamnar till slut på botten i sjöns djupaste partier. Här fortsätter fibern att brytas ner till sina beståndsdelar, och för denna nedbrytning åtgår det syrgas. Som redan har beskrivits i tidigare avsnitt är det brist på syrgas i Munksjöns djupare vatten under stora delar av året. Enligt de kalkyler som gjorts, svarar bottensedimenten idag för ungefär en tredjedel av den totala syreförbrukningen i sjöns vattenmassa. En del av denna syreförbrukning är naturlig, men en betydande del är orsakad av det fibermaterial som hela tiden matas på från fiberbanken.

En annan olycklig omständighet är, att det kvicksilver som finns i fibern samtidigt sprids över sjöns botten. Där riskerar kvicksilvret att omvandlas till metylkvicksilver, en form som lättare tas upp av växter och djur. Enligt de mätningar som gjorts innehåller Munksjöns sediment förhöjda kvicksilverhalter. Men glädjande nog innehåller fisken i Munksjön trots detta inte mer kvicksilver än vad som är vanligt i andra mellansvenska sjöar.

Hur länge kommer detta att fortsätta?

Om ingenting görs kommer denna ständiga ”kalvning” av fiberbanken att fortsätta till dess all fiber antingen förts ut i sjön eller brutits ner på plats. Så länge detta pågår kommer heller ingen överlagring att ske av Munksjöns övriga botten med kvicksilverfattigt material.

Hur lång tid denna återställningsprocess tar vet vi inte, men sannolikt handlar det om många decennier.

Vad kan man göra?

Om man vill efterbehandla en förorenad botten i en sjö kan man i princip gå till väga på två olika sätt. Antingen tar man bort det material som är förorenat, eller så täcker man över den.

Den vanligaste metoden när det gäller cellulosafiber är att den sugmuddras över till något närliggande markområde, där den avvattnas och senare täcks över. Ett markområde som sannolikt är lämpligt att utnyttja är det gamla deponiområdet sydväst om Munksjön. Här kan fibermateriallet eventuellt utnyttjas för att täcka andra deponimassor.

En annat möjligt omhändertagande av fibermateriallet som bör utredas, är om delar av det kan förbrännas och på så sätt utnyttjas som en energiresurs. Kviksilverinnehållet gör dock att särskilda krav i detta fall måste ställas på rening av förbränningsgasen.

Andra principiella tillvägagångssätt är att med lämplig teknik ”på plats” täcka över de botten som innehåller ämnen man vill undvika att de kommer ut i naturen. Detta kan knappast bli aktuellt för själva fiberbanken i Munksjön bl.a. därför att den ligger i brant lutning. Men täckning kan möjligen bli aktuellt för andra delar av Munksjöns botten. Exempel på

täckningsförfaranden är gasgenomsläpplig geotextil som överlagras med sand och sprängsten, och geltäckning med ett konstgjort sediment.

Att muddra och deponera fibern och eventuellt även täcka delar av övriga bottenar i Munksjön kräver relativt omfattande förundersökningar och projekteringar. Förarbetet ska även innehålla en värdering av vilka konsekvenserna blir om en oönskad händelse inträffar under eller efter arbetet, samt hur en sådan händelse bäst kan förhindras. Kostnader för såväl förundersökningar som själva åtgärdsarbetet ska uppskattas, en finansieringsplan presenteras och en huvudman utses.

Vad kostar det och vem betalar?

Hur mycket det kostar att muddra fiberbanken och eventuellt täcka delar av de övriga bottenarna går inte att säga idag. För detta krävs som sagt både kompletterande undersökningar och projekteringsarbeten m.m. Men antagligen kommer det att kosta flera hundra miljoner kronor.

Vem som slutligen betalar är heller inte utrett. Rimligen ingår såväl pappersbruket, kommunen och staten som finansiärer. Det finns således goda möjligheter att söka statsbidrag för denna typ av miljövårdande åtgärder.

#### Arbetsgång vid ansökan om statligt bidrag

Den normala arbetsgången då man söker statligt bidrag för en miljösanering är att denna inleds med en **förstudie**. I förstudien ska man sammanställa och utvärdera tidigare undersökningar och historiskt material. Detta kompletteras med översiktliga färdundersökningar, som därefter får ligga till grund för en klassificering av miljöriskerna. I förstudien ingår även en ansvars- och finansieringsutredning.

Efter förstudien följer en **huvudstudie**, som innefattar detaljerade undersökningar, fördjupade ansvars-, finansierings- och miljöriskutredningar, åtgärdsutredningar m.m.

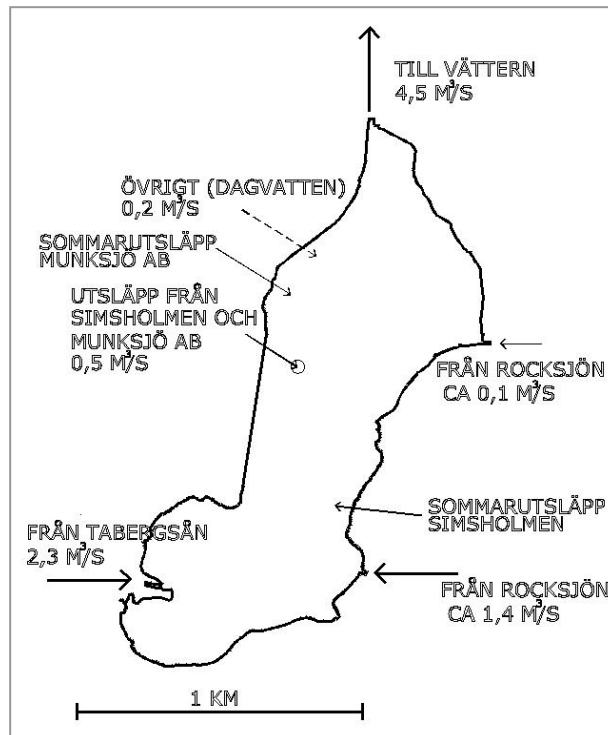
Först därefter är det dags för **förberedelser** i form av projektering, ansökan om tillstånd, miljökontroll etc, samt själva **genomförandet**, dvs i detta fall muddringsarbetet. Det hela avslutas med en **uppföljning**, som bl.a. innefattar kontroll och utvärdering.

## Ändra sjöns vattenbalans

Mycket vatten pumpas fram och tillbaka!

I Munksjön mynnar det tillrinnande vattendraget Tabergsån. Dessutom pumpas betydande kvantiteter vatten till sjön från Vättern via den intilliggande Rocksjön. Även avloppsvattnen från Munksjö AB och från kommunens avloppsreningsverk, Simsholmen, samt dagvatten utgör betydelsefulla bidrag. Utflödet sker till Vättern via en kanal i norr.

Vattenbalans för  
Munksjön baserad på  
ungefärliga medelflöden  
under 1990-talet.



Utsläppet av avloppsvatten från pappersbruket<sup>a</sup> och Simsholmen sker mestadels via en gemensam tub, som mynnar i Munksjön öster om fabriken på ca 15 m djup. Dessförinnan finns det möjlighet att låta det sammanblandade vattnet passera en värmepump för att på så sätt utnyttja överskottsvärmen.

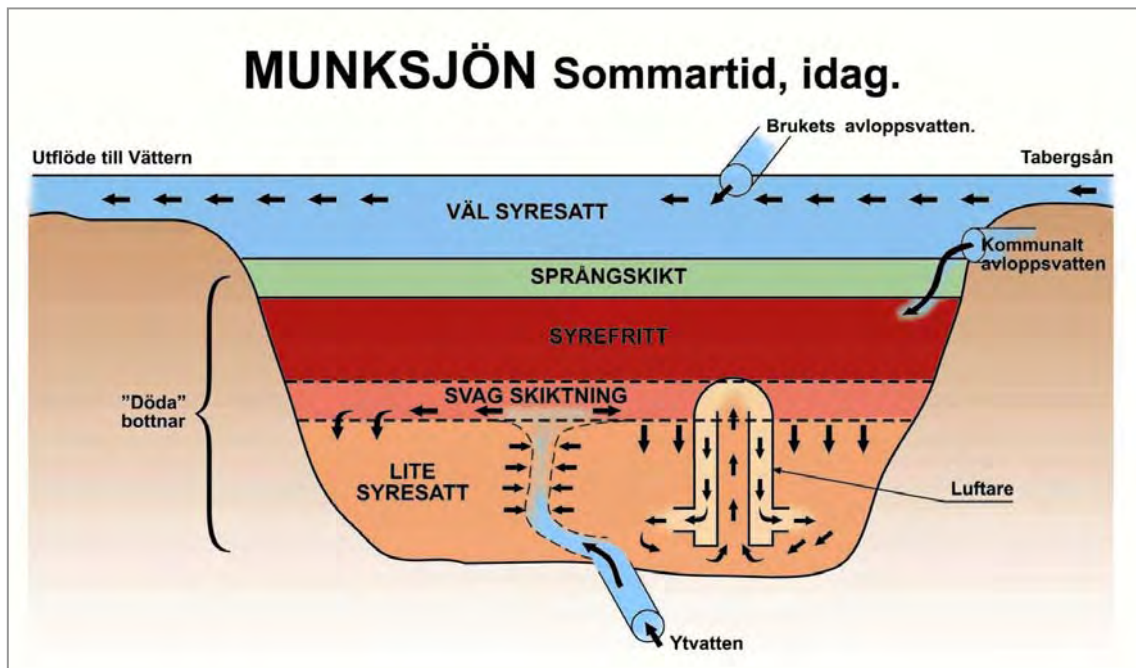
Men värmepumpen har en annan möjlig värmekälla, nämligen intag av ytvatten från Munksjön. Sommartid är detta av olika anledningar en bättre värmekälla för värmepumpen. Under de senaste åren har därför avloppsvattenflödena kopplats bort sommartid och ersatts med ytligt sjövattnet, som efter att det passerat pumpen leds ut genom utloppsledningen på 15 m djup. När bortkopplingen sker, släpps avloppsvattnen istället ut i de gamla utloppen. Detta innebär att pappersbrukets utsläpp leds direkt ut i ytvattnet i kanten av den västra stranden, medan kommunens avlopp släpps ut strax utanför den östra strandkanten på 3-4 meters djup.

Det sker ytterligare en pumpning av vatten i Munksjön. I sjöns djupaste del finns ett aggregat, som är tänkt att hjälpa till med syresättningen av vattnet. Aggregatet är igång under sommaren och tar in vatten nära botten som syresätts i en "plastsäcksbehållare" med luft från ett tryckluftsaggregat. Det syresatta vattnet återförs till sjöns vattenmassa vid botten.

Av figuren nedan framgår schematiskt hur de olika vattenflödena leds ut i Munksjön sommartid.

<sup>a</sup> Pappersbruket är numera (januari 2005) uppdelat på två grenar som ägs av skogsbolaget SCA respektive investmentbolaget EQT.





*Principskiss över ett tvärsnitt av Munksjöns vattenmassa under de förhållanden som rått sommartid under senare år. Den ständiga nedpumpningen av vatten till botten av sjön "lyfter upp" temperatursprångskiktet till 4-6 meters djup.*

Vad är det som inte är bra?

Munksjöns vattenomsättning och funktion är idag manipulerad genom den pumpning av vatten som sker hit och dit. Ingen verkar ha den fulla överblicken över de olika vattenflödena, som istället för att förbättra miljöförhållandena i sjön, i viss mån försämrar dem!

- Inpumpningen av vatten från Vättern via Rocksjön startade på 1930-talet. Syftet var att förse pappers bruket med råvatten (som pumpas vidare från Rocksjöns tillflöde), men också att förbättra vattenomsättningen i både Rocksjön och Munksjön. Idag är vattenkvalitén i Munksjöns ytvatten förhållandevis bra och därmed mindre beroende av denna överpumpning än tidigare. Överpumpningen bidrar inte till att förbättra förhållandena i Munksjöns djupare delar.
- Inte heller luftningsaggregatet på Munksjöns botten verkar nämnvärt förbättra förhållandena i de djupa vattenlagren. Endast en marginell förbättring av syreförhållandena har uppmätts i vattenmassan närmast pumpen.
- Nedpumpningen till botten av det ytvatten som passerat värmepumpen, medverkar till att höja temperatursprångskiktet i Munksjön till en onormalt hög nivå. På så sätt blir den syrefattiga vattenvolymen och ytan av "döda" bottenar betydligt större än vad som vore fallet utan denna pumpning.
- Utsläppet av det kommunala avloppsvattnet sker sommartid på så sätt att det sannolikt hamnar under temperatursprångskiktet och där bidrar till syreförbrukningen.

- Däremot påverkar avloppsvattnet från pappersbruket förmodligen inte sjöns djupområde när utsläppet sker i strandzonen. Men istället bidrar detta varma vatten till att ytterligare förstärka språngskiktet och på så sätt försämra utbytet mellan sjöns ytliga och djupa vattenlager.

### Hur kan det fungera bättre?

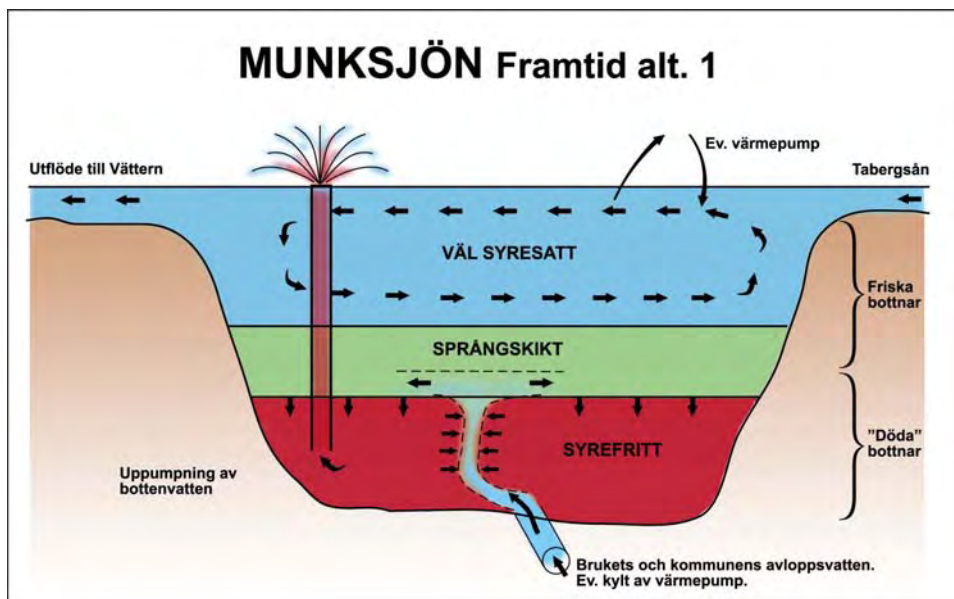
För det första bör pumpningen av vatten från Vättern via Rocksjön ses över. Med tanke på att det åtgår en hel del energi för att driva pumparna bör denna verksamhet optimeras. Pappersbruket behöver sin del som råvatten för produktionen och Rocksjön mår antagligen bra av att få ett visst extra tillskott. Men antagligen kan vattenflödet minskas en hel del.

Även driften av luftningsaggregatet kan ifrågasättas eftersom den fungerar så dåligt. Dessutom är det på sikt en ohållbar åtgärd som fungerar som en "huvudvärkstabelt" istället för att angripa problemets kärna. Man bör överväga i vilken grad pumpningarna kan miljömässigt motiveras, då man ser till den energiförbrukning och de kostnader den för med sig. Troligtvis kan luftningsaggregatet stängas helt.

Sedan gäller det att på lämpligt sätt sänka temperatursprångskiktet i Munksjön till en normal nivå. Detta kan ske genom att antingen pumpa bort samma vattenvolym som leds ner i bottenvattnet (alt. 1), eller att överhuvudtaget inte leda ner något extra vatten till botten i framtiden (alt. 2 & 3). Alternativen åskådliggörs i figurerna nedan<sup>b</sup>.

#### Alternativ 1

Kommunens och brukets rena avloppsvatten leds ner via den befintliga avloppstuben till sjöns botten. Motsvarande mängd bottenvatten pumpas upp till Munksjöns yta i form av en fontän.



<sup>b</sup> Jämfört med nuvarande förhållanden hamnar språngskiktet flera meter djupare ner i sjön. Detta möjliggör en effektivare omblandning av det ytliga vattenlagret och minskar ytan "döda" bottnar. Detta gäller för samtliga tre alternativ.

Fördelar:

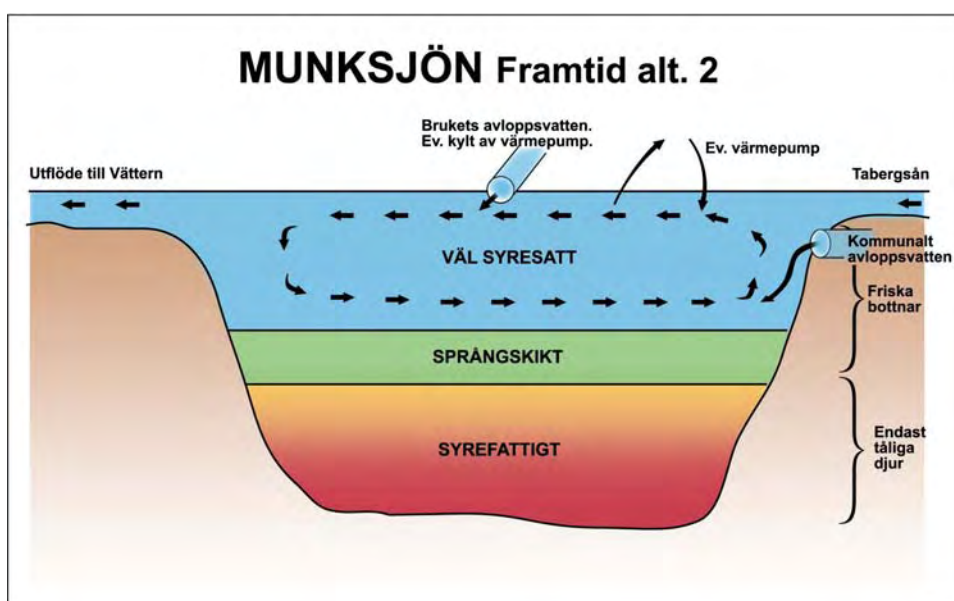
- Munksjön utnyttjas även fortsättningsvis som en extra reningsbassäng innan vattnet når Vättern.
- Genom att passera fontänen får man en god genomluftning av vattnet, samtidigt som fontänen utgör ett trevligt inslag i stadsbilden.

Nackdelar:

- Munksjön kommer även fortsättningsvis att belastas med näringsämnen och syreförbrukande substans från kommunens och brukets avloppsvatten.
- Genom bortpumpningen av bottenvatten störs hela tiden jämvikten mellan vatten och sediment, vilket ökar risken för utlösning av oönskade ämnen från Munksjöns botten.
- Det kan läggas såväl miljömässiga som estetiska aspekter på att Munksjöns ytvatten ständigt exponeras för sjöns bottenvatten.<sup>c</sup>

## Alternativ 2

Kommunens och brukets rena avloppsvatten leds ut via de äldre befintliga avloppstuberna till sjöns ytliga vattenlager. Inget vatten leds i detta fall ner i sjöns djupare delar.



Fördelar:

- I viss mån utnyttjas Munksjön även i detta fall som en extra reningsbassäng innan vattnet når Vättern, dock i mindre grad än i alternativ 1.
- Genom att ingen bortpumpning av bottenvatten sker, störs heller inte jämvikten mellan vatten och sediment på djupbottenarna. Detta minskar risken för utlösning av oönskade ämnen från Munksjöns botten jämfört med alternativ 1.

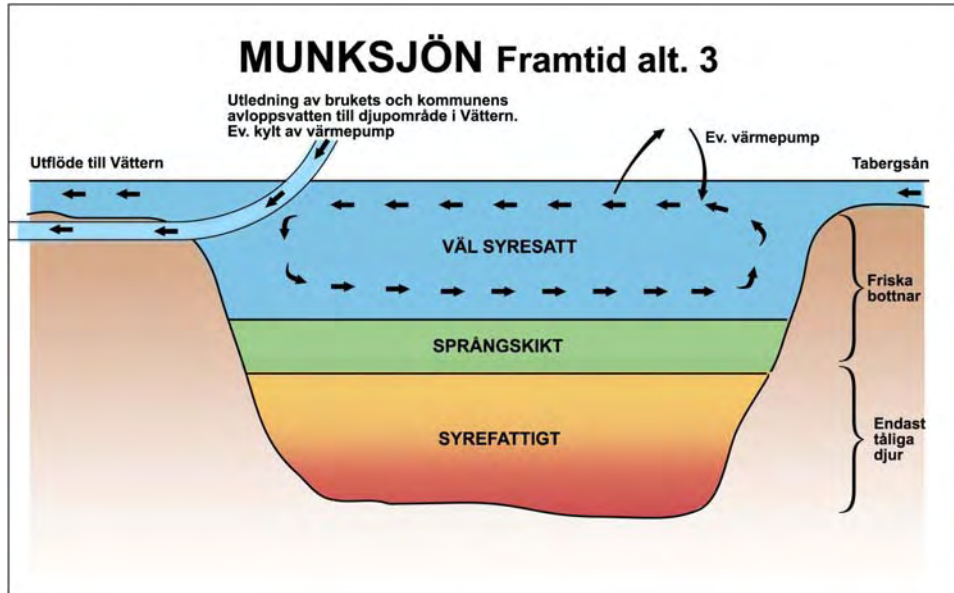
Nackdelar:

- Munksjön kommer även fortsättningsvis att belastas med näringsämnen och syreförbrukande substans från kommunens och brukets avloppsvatten.
- Att ett skogsindustriellt avloppsvatten, om än rena, släpps ut i ytan av en "stadssjö" som Munksjön, innebär en risk för att olägenheter tidvis kan uppstå.
- Motsvarande aspekt kan läggas på ett yligt utsläpp av ett kommunalt avloppsvatten, särskilt med hänsyn till risken för påverkan av bakterier.

<sup>c</sup> Om risken för frigöring från bottenavlagningen av kvicksilver, PCB m.m. ska minimeras vid detta alternativ, måste bottenarna förmodligen täckas med något konstgjort sediment av den typ som beskrivits i tidigare avsnitt,

### Alternativ 3

Kommunens och brukets rena avloppsvatten leds ut i Vättern via en nybyggd avloppstub, som avslutas med en perforerad diffusor för att åstadkomma en så god spridning som möjligt. Inget vatten leds ner i Munksjöns djupare delar.



#### Fördelar:

- Inga näringsämnen eller syreförbrukande substans från kommunens och brukets avloppsvatten kommer längre att belasta Munksjön.
- Genom att ingen bortpumpning av bottenvatten sker, störs heller inte jämvikten mellan vatten och sediment på djupbottnarna. Detta minskar risken för utlösning av oönskade ämnen från Munksjöns bottnar jämfört med alternativ 1.
- Vättern anses generellt sett lida brist på näringsämnet fosfor och får på detta sätt ett näringstillskott under kontrollerade former.

#### Nackdelar:

- Munksjön utnyttjas inte som en extra reningsbassäng innan vattnet når Vättern.
- Södra Vättern utgör ett s.k. Natura 2000-område, som är särskilt skyddsvärt med hänsyn till FN:s konvention om biologisk mångfald. Detta ställer särskilda krav på utsläpp av avloppsvatten till detta område.
- Detta alternativ är det mest kostsamma av de tre.

### Vilket är det bästa alternativet?

Det går inte att utan vidare påstå att det ena alternativet är bäst och det andra sämst. Alla tre alternativen har sina för- och nackdelar. En sak de alla har gemensamt är att de åstadkommer en sänkning av temperatursprångskiktet i Munksjön. Därmed reduceras den vattenvolym som är syrefattig under större delen av året. Samtidigt minskar andelen "döda" bottnar i sjön. Likaså minskar risken för att fosfor ska frigöras från bottnarna, och att ansträngda syreförhållanden ska uppträda i ytvattnet vid vår- och höstcirkulation. Förmodligen minskar också risken för att metylkvicksilver ska bildas i Munksjön, den organiska form av kvicksilver som är den mest biotillgängliga och som bildas av mikroorganismer.

## **Billigast** är förmodligen alternativ 2.

Denna framtidslösning kräver inga nämnvärda nyinvesteringar eftersom de äldre befintliga tuberna kan användas.

## **Dyrast** är definitivt alternativ 3.

Detta alternativ förutsätter att en helt ny tub anläggs ut i Vättern. Vad en sådan tub skulle kosta att anlägga har inte beräknats eftersom detta måste föregås av en detaljplanering och projektering. Men enligt en preliminär uppskattning bör totalkostnaden för en tub ligga i storleksordningen 20-25 miljoner kronor.<sup>d</sup>

## **Bäst för Munksjön** är definitivt alternativ 3.

Sjöns bottenvatten bevaras ”orört” under större delen av året, vilket minimerar risken för att de ytliga vattenlagren i Munksjön, liksom Vättern, ska påverkas av de föroreningar som finns på botten. Samtidigt slipper Munksjön helt att belastas med syreförbrukande substans och näringsämnen från det kommunala reningsverket och brukets reningsanläggning.

Så länge fiberbanken finns kvar på botten innebär detta att Munksjön avlastas från ungefär hälften av dagens tillförsel av syreförbrukande ämnen. Om och när fiberbanken avlägsnas kommer denna andel att öka ännu mer. Även tillförseln av fosfor till Munksjön kommer att minska till ungefär hälften jämfört med de nu aktuella förhållandena<sup>e</sup>.

Vad som är **bäst för Vättern** kan inte definieras med samma bestämdhet. Här kan olika aspekter läggas på alternativen. Men en samlad bedömning leder till att vi förordar alternativ 3 som det bästa för Vättern.

I alternativ 1 och i viss mån alternativ 2 utnyttjas Munksjön som en extra sedimenteringsbassäng. Skulle dessutom något oförutsett inträffa vid fabriken eller avloppsreningsverket, kan sjön fungera som en ”säkerhetsdamm” till Vättern. Men funktionen som möjlig säkerhetsdamm bör man kunna ha kvar även i alternativ 3 genom att se till att vattenflödena snabbt kan styras om i det fall något oförutsett inträffar. Det handlar i så fall främst om att införa lämpliga säkerhetsrutiner.

Alternativ 1 innebär att Munksjöns bottenvatten fortlöpande pumpas upp till ytan varifrån det lätt kan spridas ut i Vättern. Vi bedömer att risken är stor för att detta vatten kan vara förorenat av persistenta ämnen, exempelvis PCB och kvicksilver, vars spridning till miljön man i möjligaste mån vill förhindra<sup>f</sup>. Till följd av dåliga syreförhållanden i bottenvattnet är risken även stor att fosfor ska frigöras från bottarna och spridas till ytvattnet. I alternativen 2 och 3 är denna risk för uttransport av bottenvatten reducerad till de tillfällen då Munksjöns vatten cirkulerar varje vår och höst.

I alternativ 3 förs allt avloppsvattnet från bruket och avloppsreningsverket direkt ut i Vättern, där det mynnar på stort djup. Men även i alternativ 2 bör man räkna med att en stor del av den syreförbrukande substansen och huvuddelen av näringsämnena i avloppsutsläppen når Vättern. Skillnaden ligger i att det är mynningsområdet till Tabergsås i Vättern som påverkas av ett relativt outspätt vatten i alternativ 2, medan tillskottet av dessa ämnen i alternativ 3 istället sker direkt till Vätterns centrala vattenmassa. För södra Vätterns del är därför alternativ 3 att föredra framför alternativ 2.

---

<sup>d</sup> Även alternativ 1 blir dyrt om det kräver att bottarna täcks med ett artificiellt sediment.

<sup>e</sup> Fosforreduktionen blir förmodligen större eftersom risken minskar för att fosfor som är bundet till bottensedimenten ska frigöras och påverka vattenmassan.

<sup>f</sup> På grund av sjöns näringsfattigdom och långa omloppstid är Vätterns ekosystem särskilt känsligt för persistenta ämnen som kvicksilver och PCB.

## Vad betyder det att södra Vättern är ett Natura 2000-område?

Vättern är utpekad som ett Natura 2000-område. Detta innebär att Sverige har förbundit sig att se till att arter och livsmiljöer i området bevaras för framtiden (se faktaruta nedan). Klassningen som ett Natura 2000-område innebär en stark skyddsstatus för Vättern, eftersom det i praktiken ligger i hela Europas intresse att sjöns ekosystem bevaras och inte påverkas negativt av eventuella åtgärder.

De renade avloppsvattnen från såväl kommunen som bruket innehåller veterligen inga ämnen som kan befaras vara giftiga för Vätterns växt- och djurliv (även om sådana för den skull kan förekomma). De innehåller däremot ämnen som förbrukar syrgas vid sin nedbrytning eller omvandling, samt näringsämnen fosfor och kväve.

Risken för att en utledning av brukets och kommunens renade avloppsvatten till Vättern skulle negativt påverka Vätterns nuvarande speciella karaktär och/eller dess förekomst av specifika arter måste betraktas som obefintlig. Det faktum att Vättern är ett Natura 2000-område innebär i sak inget hinder för att detta alternativ kan realiseras. Snarare kan alternativ 3 ur vissa aspekter gynna områdets bevarandestatus (se faktaruta på nästa sida).

### Natura 2000-områden

År 1979 antogs det s.k. fågeldirektivet och 1992 habitatdirektivet (habitat = livsmiljöer). Dessa två direktiv är grunden för EU:s naturvårdspolitik, som i sin tur har rötterna i internationella överenskommelser. Den viktigaste är konventionen om biologisk mångfald, som antogs vid FN:s miljökonferens i Rio 1992 och som bl.a. lett till bildandet av s.k. Natura 2000-områden.

I Sverige har ungefär 3 500 områden föreslagits vara av gemensamhetsintresse enligt habitatdirektivet och nästan 500 skyddsområden enligt fågeldirektivet. Några områden är gemensamma enligt båda direktiven. Tillsammans täcker dessa s.k. Natura 2000-områden en yta på över 6,2 miljoner ha. Detta är nästan 14 % av Sveriges yta!

Sverige har liksom övriga EU-länder förbundit sig att vidta åtgärder för att naturtyper och arter i nätverket Natura 2000 ska ha så kallad *gynnsam bevarandestatus*, och därmed finnas kvar långsiktigt.

Vättern ingår i detta nätverk. Utmärkande för denna del av sjön är bl.a. dess näringsfattiga karaktär och goda vattenkvalitet, vegetation av bl.a. kransalger på vissa bottenar liksom förekomsten av flera bottenlevande s.k. ishavsrelikter samt mindre vanliga fiskarter. Bland fiskarterna kan nämnas vätternröding, nissöga och stensimpa.



*Vy från Munksjöns nordöstra strand med pappersbruket i bakgrunden.*

### Vätterns vatten innehåller mycket syrgas

Centrala Vätterns vattenmassa har en mycket stora kapacitet att ta emot syreförbrukande ämnen. Risken måste betecknas som obefintlig att ansträngda syrgasförhållanden ska uppträda till följd av en utledning av avloppsvattnen på det sätt som angivits i alternativ 3. Förmodligen kommer det inte ens att vara möjligt att registrera någon som helst sänkning av syrehalten i vattnet ens i den omedelbara närheten till tubens/diffusorns mynning.

### Lite mer fosfor kan faktiskt vara nyttigt för Vättern

När det gäller tillskottet av fosfor till Vättern blir detta förmodligen något större vid en direkt utledning av avloppsvattnen, än om dessa först släpps ut i Munksjön. Om vi antar att en utledning enligt alternativ 3 Leder till att ungefär 25 % mer av fosfor i avloppsvattnen hamnar i Vättern jämfört med idag, innebär detta en ökning med knappt 20 kg fosfor per år. Detta utgör i sin tur 0,02-0,03 % av den totala fosfortillförseln till sjön.

Men även det motsatta kan bli fallet för fosfor, dvs att fosforutflödet till Vättern blir mindre om det sker en direktutledning via en tub. Detta kan inträffa om utledningen samtidigt leder till att syreförhållandena förbättras i Munksjöns bottenvatten och fosfor därmed inte utlöses från sedimenten.

Vättern betecknas som en ultraoligotrof sjö, vilket innebär att den är extremt fattig på det produktionsstyrande näringsämnet fosfor. Enligt olika beräkningar och mätningar ligger Vätterns naturliga fosforhalt på ca 6 µg/l, vilket också är den halt som eftersträvas enligt Vätternvårdsförbundets miljömål för Vättern. Men idag är fosforhalten lägre, knappt 4 µg/l i medeltal.

Den extremt låga fosforhalten i Vättern innebär paradoxalt nog ökade risker för sjöns ekosystem! Liten tillgång på näring ger till resultat att även sjöns biomassa blir liten. Detta leder i sin tur till högre halter i växter och djur av persistenta ämnen som kvicksilver, PCB och dioxin. Bland Sveriges större sjöar innehåller fisk i Vättern de högsta koncentrationerna av dessa ämnen, vilket anses i hög grad bero på sjöns låga fosforhalt.

En annan konsekvens av låga fosforhalter är att förhållandevis lite kväve binds upp och sedimenterar i Vättern. Ett något ökat tillskott av fosfor skulle därmed i motsvarande grad minska utflödet av kväve till havet!

## Hur går vi vidare?

Efter att ha sammanställt vad vi vet om dagens miljöförhållanden och om hur olika vatten släpps ut och pumpas i Munksjön, har vi kommit fram till att följande behöver göras för att skapa en stadssjö:

- Först och främst måste den gamla banken av cellulosafiber på Munksjöns botten tas bort. Detta är en grundförutsättning för att sjön ska få bättre miljöförhållanden inom överskådlig tid. Men detta är väldigt dyrt och kräver också en hel del förundersökningar och utredningar. Därför måste det tillsättas en arbetsgrupp med de berörda parterna representerade. Denna arbetsgrupp ska ta fram ett åtgärdsförslag och en ansökan till Naturvårdsverket, som antagligen kommer att hjälpa till med finansieringen. För detta krävs att en huvudman utses.
- Vidare bör pumpningen av vatten via Rocksjön liksom luftningsaggregatet i Munksjön ses över. Frågan gäller hur dessa pågående åtgärder kan optimeras så att det inte pumpas en massa vatten och förbrukas energi i onödan. Åtgärderna är kopplade till äldre vatten- och miljödömmar, vilket gör att man även måste ta juridiska hänsyn.
- Likaså anser vi att det behövs en gemensam översyn av utsläppsförhållandena från pappersbruket och det kommunala reningsverket. På basis av de miljöaspekter och möjliga utsläppsalternativ som vi presenterat i denna skrift, bör en teknisk och ekonomisk utredning göras om hur utsläppen av de båda avloppsvatten bäst kan ske i framtiden. Även i detta fall är dagens situation reglerad genom tidigare miljödömmar.

### Vattenvårdsplaner för Munksjön

Det finns två vattenvårdsplaner som kan gälla för Munksjön. Den ena håller på att utarbetas av Vätternvårdsförbundet som tagit ställning till att Munksjön skall saneras när teknik för detta finnes. En annan plan ingår i den vattenöversikt tagits fram av Jönköpings kommun. Även denna plan innefattar en sanering av sjön som en önskvärd åtgärd för att nå Munksjöns miljömål .





