



Övergödningen i Hemsjön och Långsjön i Överklinten – vattnet, biomassan och potentialen för problemlösning

Resultat från LOVA-projekt 1 för Hemsjön och Långsjön och dess avrinningsområden



ÖVERKLINTEN



ROBERTSFORS
KOMMUN



Övergödningen i Hemsjön och Långsjön i Överklinten – vattnet, biomassan och potentialen för problemlösning

Projektamn: En studie av näringsläckaget till Långsjön och Hemsjön i Överklinten och kvaliteten på den akvatiska biomassa som bildas därav.

Projektpartners : Överklintens byråd, Överklintens byasamfällighet, Rickleåns övre fiskevårdsområde, Mellanbygdens vattenråd, och Robertsfors kommun.

Finansiering och upplägg: Projektet har finansierats till övervägande del genom ideella insatser i form av vattenprovtagning, provfiske, biomassaskörd, informationsinsatser, samordningsinsatser, utlåning av material m.m. Kemiska analyser, samt vissa materialkostnader och sammanställningen av denna rapport, har finansieras av LOVA (Havs- och Vattenmyndigheten och Länsstyrelsen). Robertsfors kommun har stått för den grundläggande projektadministrationen i samverkan med Mellanbygdens vattenråd.

Rapport: Jan Åberg, Mellanbygdens vattenråd, i samverkan med Östen Holmström, Överklintens Byråd.

Bild på framsidan: Vy över Södra delen av Långsjön den 4 september 2018. En skymt av Hemsjön kan urskiljas uppe till höger i bild. Foto: Länsstyrelsen i Västerbotten.

Rapportdatum: 2019-02-07, rev 2019-02-08, 2019-02-11



Sammanfattning

- Båda sjöarna hade näringshalter som ger risk för algbloomningar (Total-fosforvärden: Långsjön 18-74 µg/l, Hemsjön 33-120 µg/l).
- Näringen i sjöarna kom både från de egna sedimenten (som ackumulerat näring under många år) och inflödena (genom näringsläckage och erosion etc.). I Hemsjön var bidraget från sedimenten troligen större än i Långsjön, eftersom Hemsjöns botten tidvis var syrefria.
- Hemsjön blommade med potentiellt giftiga blå-gröna bakterier hösten 2017.
- Stora delar av Hemsjöns bottenvatten var syrefritt sommaren 2018, vilket hindrade fisk att leva på djupare vatten. Syrebristen ökar lösligheten för fosfor i sedimenten, vilket pekar på en koppling till de höga halterna fosfor i Hemsjöns djupvatten år 2017.
- Skördade vattenväxter och flytmassor innehöll upp till ca hälften av den mängd fosfor som finns i flytgödsel från nötkreatur. Vattenväxterna och flytmassorna innehöll ej mätbara eller låga halter av 200 vanligt förekommande metallföroreningar och organiska gifter.
- Reduktionsfiske är lämpligt som metod för snabbt förebygga algbloomningar, och bidrar även till en viss näringsreduktion. Kompletterande åtgärder är att fosforinflödet minskas och att fosfor aktivt skördas från sjöarna.
- Slåtter eller skörd av flytande växtmassor har potential att ta bort relativt stora mängder fosfor och annan näring från sjöarna, samtidigt som kostnaderna per kg fosfor hålls låga i förhållande till de flesta andra möjliga metoder.
- Värde som skapas i termer av gödsel/jordförbättring har potential att vara betydande, men väger troligen inte upp kostnaderna för slåtter av vattenväxter eller skörd av flytmassor.
- Värde av minskad övergödning och igenväxning i Hemsjön och Långsjön har inte beräknats, men kan antas vara stort, i synnerhet i termer av imateriella värden.

Innehåll

Sammanfattning.....	3
Inledning.....	5
Områdesbeskrivning.....	5
Material och metoder.....	8
Analys av kemiskt nuläge, och källor av näringsläckage.....	8
Pilotförsök – näringsreduktion och analys av innehåll.....	8
Provfiske inför eventuell biomanipulation/ reduktionsfiske.....	8
Resultat och diskussion.....	10
Fiskbestånd i sjöarna och potential för reduktionsfiske.....	10
Vattenflöden, termiska skiktningar och siktdjup.....	13
Vattenkemi i sjöarna och inloppen.....	15
Fosforkällor.....	17
Syrgasförhållanden.....	18
Algblomningen 2017.....	19
Näringshalter i nyskördade vattenväxter och flytmassor.....	20
Övriga ämnen i vattenväxter och flytmassor.....	22
Potential för fosforreduktion genom slåtter och reduktionsfiske.....	24
Potential för näringsreduktion genom skörd av flytmassor. .	26
Nollalternativet – om inget görs.....	28
BILAGA 1 – lista med analyserade ämnen i kompostproverna.....	29
BILAGA 2 – informationsinsatser i projektet.....	30
BILAGA 3 – Workshop för minskad näringsförlust från åkrar.....	31

Inledning

Långsjön och Hemsjön är två sjöar i Överklinten, som troligen brukats/nyttjats av lokalbefolkningen under lång tid, inte minst genom slätter av vattenväxter och husbehovsfiske, men också för rekreation så som bad och naturupplevelser. Överklinten är en av de äldsta jordbruksbyarna i Robertsfors kommun, med sju skattlagda gårdar redan på 1500-talet (samtidigt som det inte kan uteslutas att epoken med jordbruk kan ha inletts betydligt tidigare än så).

Igenväxning har upplevts som ett allt större problem, inte minst i Långsjön: Även vattenkvaliteten har upplevts som försämrad, vilket bland annat minskat attraktionskraften för Hemsjöns badplats. Samtidigt har det saknats en systematisk dokumentation av dessa trender.

Frågan om hur sjöarna behöver skötas för framtiden kräver dels en ökad kunskap om sjöarnas ekologi, dels en ökad kunskap om de eventuella positiva eller negativa effekter som kan förväntas för människorna lokalt. I förarbetet till projektet framkom att de problem som upplevs i sjöarna åtminstone delvis kan bero på övergödning. Hemsjön hade exempelvis en halt av total-fosfor på 37 µg/l den 5 november 2015. Därtill framkom att det under vintern har samlats fiskar för att kippa efter luft i en öppen vak i Hemsjön. Det kanske enda vattenprovet före år 2015 härrör från 1985 och visade höga halter av total-fosfor (77 µg/l) i Hemsjön.

Efter en tids förarbete och samverkan formulerades ett projekt med syfte fokusera på att ta fram ett faktaunderlag inför genomförande av möjliga åtgärder som både skapar en lokal nytta för människorna och bidrar till minskade mängder av fosfor och kväve i Långsjön och Hemsjön.

Följande delmål formulerades för projektet (text inom parentes hänvisar till beskrivningar av utfall):

1. Analys av kemiskt nuläge, och källor av näringsläckage (*kap Resultat och diskussion*)
2. Pilotförsök – näringsreduktion genom skörd av biomassa (*kap Resultat och diskussion*)
3. Provfiske inför eventuellt reduktionsfiske (*kap Resultat och diskussion*)
4. Information (*BILAGA 2 – informationsinsatser i projektet*)
5. Workshop (*BILAGA 3 – Workshop för minskad näringsförlust från åkrar*)
6. Sammanställning av slutsatser (*sidan 3 -Sammanfattning*)

Områdesbeskrivning

Hemsjön och Långsjön ligger inom ett avrinningsområde som omfattar totalt ca 820 hektar, varav ca 250 hektar åkermark. Långsjöns utlopp, som avvattnar ca 670 ha, rinner in i Hemsjön, vars utlopp därefter går ut i Rickleån strax uppströms Överklintens kvarn. Den direkta avrinningen mot Hemsjön är ca 150 hektar. Hemsjöns yta är ca 20 hektar, medan Långsjöns yta är ca 25 hektar.

Medelnederbörden i området har beräknats till ca 807 mm/år medan evapotranspirationen har beräknats till ca 415 mm, vilket ger en medelårsavrinning på ca 392 mm¹. Avrinningen blir därmed ca 3920 m³ per hektar och år vilket motsvarar medelflödet 0,102 m³/s för hela avrinningsområdet (820 hektar).

1 Med data från SMHI:s vattenwebb för avrinningsområdet Lugnbäcken.

Hemsjön har en relativt jämn bottenform, med ett maxdjup på ca 8 meter, och ganska stora arealer med mer än 3 meters djup. Medeldjupet i Hemsjön är grovt uppskattat ca 3 meter, vilket ger en vattenvolym om ca 600 000 m³. Långsjön är mestadels grund (<1 m, med ett maxdjup på ca 2 meter), med till stor del mjuka, diffusa bottnar. Vattenvolymen är grovt uppskattat ca 200 000 m³.



Figur 1. Undersökningsområdet. Lantmäteriet CC-0

har lett till en accelererande igenväxning med både rotade vattenväxter och flytande mattor av växter/gungfly (se Figur 2 och framsidans bild). Länsstyrelsen i Västerbotten bedömde år 2009 att Långsjön hade högsta prioritetsklass för restaurering av våtmarker i jordbrukslandskapet⁴. Framsidan av den rapporten visar just Långsjön som ett typexempel.

Kända fiskarter i Hemsjön vid projektstart var gädda, abborre, mört, braxen. Enligt de muntliga uppgifterna har det tidigare också funnits gers, lake, ål och öring. Därtill kan det nämnas att det förekommer dammussla i Hemsjön.

De muntliga uppgifterna om fiskbeståndet i Långsjön vid projektstart, pekade på gädda och abborre i själva Långsjön, samt tidvis mört i Långsjöns utlopp mellan Långsjön och Hemsjön. Det har inte framkommit några uppgifter om dammussla i Långsjön.

En gemensam nämnare för båda sjöarnas delavrinningsområden är att åkermarkerna har bildats i en starkt skyddad vik i Rickleåns havsmynning för ca 7000 år sedan². När havsviken successivt dränerades genom landhöjningen var vågornas erosion mot sluttningarna så låg att den finkorniga jorden stannade kvar även i relativt branta sluttningar. Närmare kusten saknas denna typ av förhållanden, vilket innebär att sedimenten främst finns kvar i mycket flacka områden, och att även små höjder är kalspolade från alla former av finkorniga sediment. Den relativt kuperade åkermarken har visserligen sina fördelar, men medför samtidigt ökad risk för jorderosion och näringsurlakning vid kraftig nederbörd.

Långsjön var under 1800-talet och fram till omkring år 1940 en slåtterjö, vars rika produktion av sjöfoder såldes på rot till bönder i omkringliggande byar³. Efter slättereponen lämnades Långsjön med en kraftig sänkt vattennivå, vilket

2 Enligt SGU:s landhöjningsmodell över området.

3 David Larsson 1943. "Betydelsen av självväxande dammängar för lantushållningens lönsamhet vid småbruk i övre Norrland." Tidskrift för Västerbottens län Maj-Augusti 1943: 39–48.

4 Adriaan de Jong 2009. "Planeringsunderlag för restaurering och anläggning av våtmarker i odlingslandskapet i Västerbottens län". 2009:5. Meddelandeserien. Umeå: Länsstyrelsen i Västerbotten.



Figur 2. Långsjön omkring år 1960, ca 20 år efter att sjöslåtern upphört och sjön lämnats på permanent sänkt nivå. På denna rapports framsida finns en bild från 2018 som visar den stora mängd gungfly som etablerats i södra delen av sjön efter år 1960. Flygbild från Lantmäteriet⁵.

⁵ Flygbilder som är äldre än 50 år saknar skydd enligt fotorätten, och är fria att publicera eller sprida (<https://www.lantmateriet.se/sv/Om-Lantmateriet/Rattsinformation/upphovsratt-till-kartor-och-bilder/?faq=f190>)

Material och metoder

Analys av kemiskt nuläge, och källor av näringsläckage

Siktdjupet och den vertikala vattentemperaturgradienten dokumenterades i både Hemsjön och Långsjön vid ett flertal tillfällen under den isfria perioden år 2017 och 2018. Vattentemperaturen mättes med en ruttnerhämtare med inbyggd termometer, medan siktdjupet mättes med en svart-vit secciskiva med diametern 20 cm. Under 2018 mättes även syrgashalter ner till 4 meters djup. Syrgasmätaren var av modell Hanna HI-9146-4.

Provtagning för vattenanalyser på Alcontrol/Synlab gjordes två gånger under säsongen 2017, i båda sjöarna och de större inloppen (5 st bäckar / öppna diken), samt sjöarnas utlopp och två täckdiken (Figur 3). Provtagningsdatumerna var den 16 augusti 2017 när Hemsjön var termiskt skiktad, och den 5 oktober 2017 då den termiska skiktningen i Hemsjön brutits på grund av kallt väder och starka vindar. Dessa två tidpunkter representerar också två olika typer av avrinning: basflöde den 16 augusti och högflöde den 5 oktober. De parametrar som analyserades korresponderar med Synlabs baspaket för recipientvatten, NAT005, enligt tabell nedan:

Recipientvatten, baspaket		NAT005	
Fysikaliska/kemiska egenskaper	Rapporteringsgräns	Närsalter	Rapporteringsgräns
Absorbans vid 420 nm, filt.	0,005 abs/5 cm	Ammoniumkväve, NH ₄ -N	10 µg/l
Konduktivitet	mS/m	Nitratkväve, NO ₃ -N + Nitritkväve, NO ₂ -N	10 µg/l
pH	2-12	Fosfor total, P	5 µg/l
Alkalinitet	0,02 mekv/l	Kväve total, N	100 µg/l
Organiska summametoder	Rapporteringsgräns		
TOC	1 mg/l		

Pilotförsök – näringsreduktion och analys av innehåll

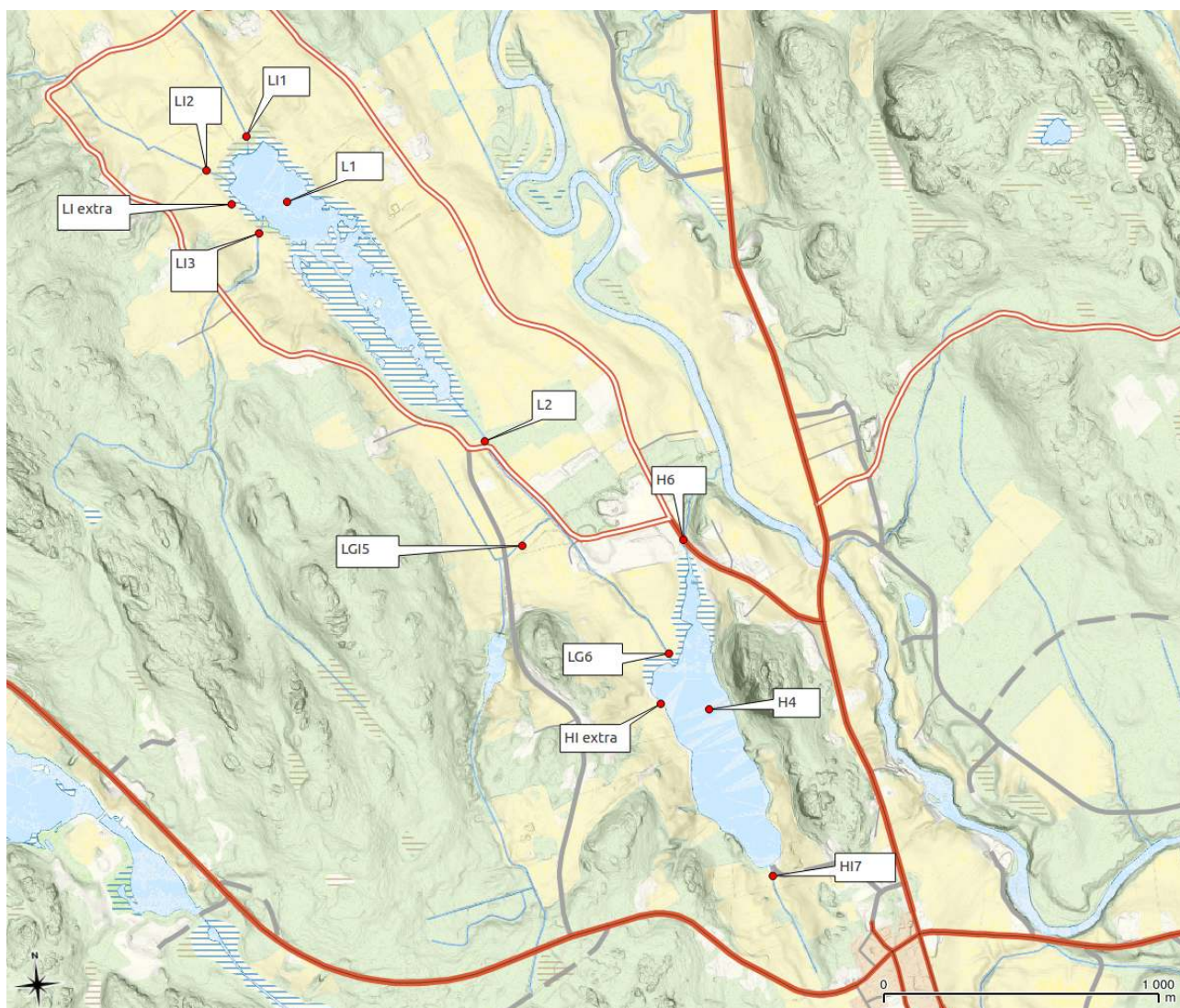
Ca 3 m³ av Långsjöns flytande växtmattor togs upp från den sydvästra stranden nära vägen, medan ca 200 m² av vattenvegetationen i Hemsjön slogs med lie på den södra stranden nära badplatsen.

Materialet provtogs i båda fallen med avseende på paktet SLA003, och lades sedan upp i högar för kompostering. Efter 1 års kompostering analyserades innehållet med paketet SOIL2CONTROL.

Provfiske inför eventuell biomanipulation/ reduktionsfiske

- Vid projektets start uppmanades till allmän fångstrapportering av fisk för att om möjligt få en bättre bild av artförekomster.
- Visuella observationer av fisk dokumenterades under fältarbetet.
- Ett organiserat provfiske utfördes i Hemsjön den 31 augusti 2017 med målet att få en bild av beståndet av karpfiskar i sjön. Valet av metod föll på en fisketävling i vilken endast mete var

tillåtet som fiskemetod. Uppgiften för deltagarna var att meta upp så mycket fisk som möjligt på 2 timmar och därefter rapportera in fångsten. Att just en fisketävling valdes som provfiskemetod motiverades av att genomförandet kunde upprepas i framtiden utan behov av specialutrustning eller externa medel. Ur ett statistiskt perspektiv blir resultatet mest jämförbart om ett ganska stort antal personer deltar, eftersom medelfångsten då speglar den genomsnittlige fritidsfiskaren.



Figur 3. Provpunkter för vattenkemi. Bakgrundskarta: Lantmäteriet CC-BY. Terrängskuggning: Skogsstyrelsen.

Resultat och diskussion

Fiskbestånd i sjöarna och potential för reduktionsfiske

Reproduktion av mört i båda sjöarna

Under fältarbetet år 2017 gjordes visuella observationer av mörtynkel i båda sjöarna. Bilderna nedan visar exempel på yngelmiljöerna mellan de flytande öarna i Långsjön, samt på de yngel som fångades där.



Figur 4. Mörtynkel fångades i Långsjön den 11 juli 2017. Foto: Jan Åberg

Starkt bestånd av mört i Hemsjön

Av den totala fångsten vid fisketävlingen bedömdes 80% av fiskindividerna vara mörtar. Under tävlingen fångades också några enstaka små abborrar och gäddor, samt en braxen.

Fisketävlingen år 2017 engagerade 45 personer, inklusive en grupp tävlingsfiskare från Norsjö. Gruppen från Norsjö gav utlåtandet att beståndet av mört var starkt. De två vinnarna riktade sitt fiske helt mot mört, med 4,06 kg respektive 3,54 kg som vinnande fångster (dvs upp till 2 kg/per timme/fiskare).

Förutom resultatet från fisketävlingen bekräftar även t.ex. Robertsfors kommuns ansvariga för fiskefrågor att mörtbeståndet i Hemsjön är starkt (Dante Dahlgren, muntl).

Ett växande bestånd av braxen i Hemsjön

Frågan om storleken på braxenbeståndet i Hemsjön har varit omdebatterad lokalt, med bland annat ett youtube-inlägg som argumenterade för icke-förekomst av braxen i Hemsjön⁶.

6 <https://www.youtube.com/watch?v=AkR9ISPwPLE>

Att frågan engagerar kan bero på att braxen verkar ha saknats helt och hållet, eller åtminstone fört en mycket tynande tillvaro, under perioden omkring ca 1975-2010, enligt de muntliga uppgifterna.

Gällande tiden före detta finns inga bekräftade uppgifter på förekomst i Hemsjön, men däremot en uppgift om att det fanns gott om braxen i Rickleån i Överklinten fram till 1970-talet, då beståndet dog ut plötsligt⁷.

Under de senaste åren har det enligt de muntliga uppgifterna fångats enstaka braxen i Hemsjön, och under sommaren 2018 rapporterade en av fritidsfiskarna i Överklinten att mete i Hemsjön gett en stor mängd braxen och mört, men få abborrar. I det fallet sägs braxarna ha varit små, så kallad ”braxflickern”.

Robertsfors kommuns eDNA-provtagningar i 40 sjöar och vattendrag våren 2018, visade att mängden eDNA av braxen i Hemsjön låg på samma nivå som för mört, dvs att den totala biomassan av braxen sannolikt var lika stor som för mört (separat rapport kring detta projekt publiceras under 2019).



Figur 5. Foton från fisketävlingen i Hemsjön den 31 augusti 2017 (foto: Överklintens facebookside).

Långsjön ganska bra gäddfiskesjö, enligt resultat från parallellt fiskeprojekt

Långsjön fiskades den 26 juli 2017 inom ramen för det ambitiösa gäddfiskeprojektet ”Fiskarens Guide Till (Ga)laxen”⁸. Långsjön var den 132:a sjön i Västerbottens Mellanbygd som dokumenterades i projektet. I Långsjön fångades totalt 26 gäddor på 9,5 timmars spinnfiske. Snittvikten låg på 1,55 kg, med 9 gäddor över 3 kg, och största gäddan på 4,8 kg. Några abborrar fångades också, med utlåtandet att ”Abborrarna är ju otroligt vackra här, det är sällan man sett så röda fenor”. Långsjöns meritpoäng enligt projektets beräkningsgrund för gäddfiske blev 61p, vilket kan jämföras med närliggande sjöarna Stor-Bränntjärnen (12p), Bälgen (38p) och Korssjön (66p).

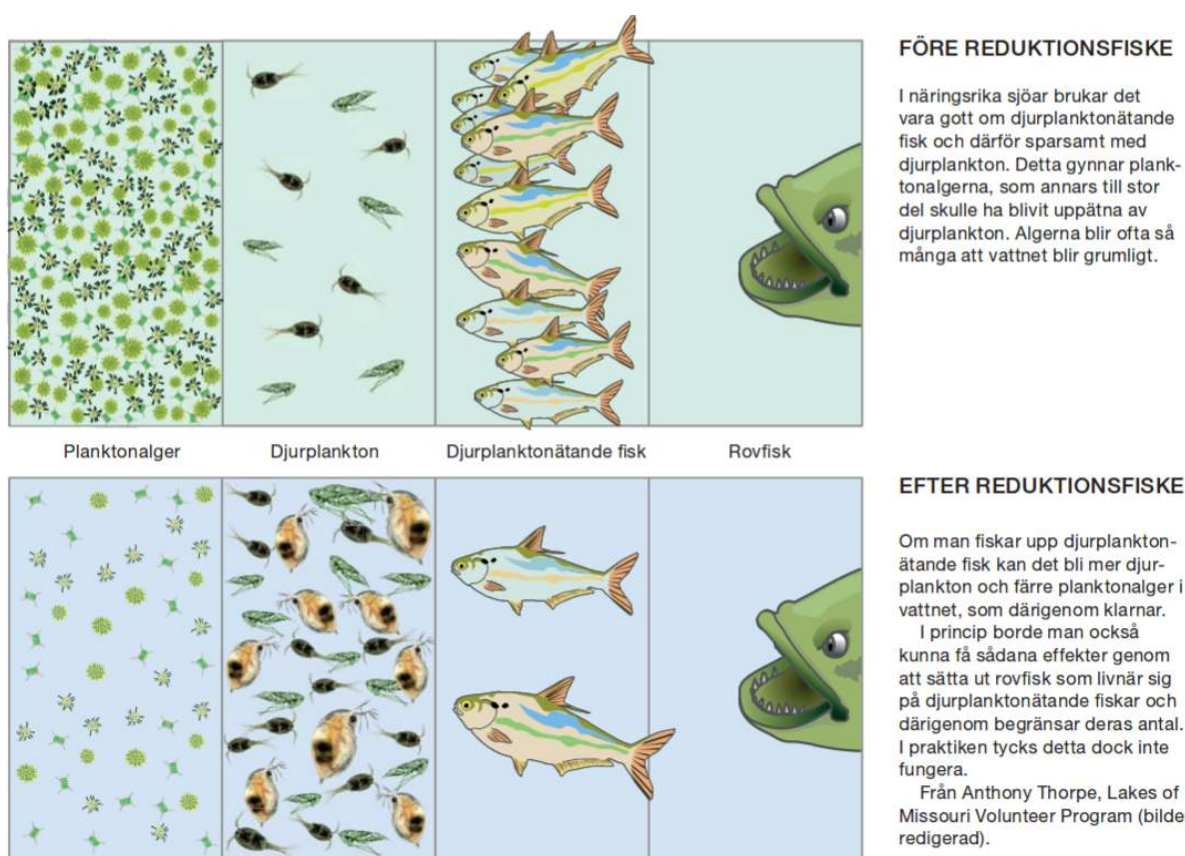
⁷ Lindberg, J. 2017. ”Åsikter och visioner från älvdalen - Sammanställning från dialogmöten, projektfas 1” (åtkommen den 9 aug 2018 via <https://www.samverkanricklean.se/>). Länsstyrelsen Västerbotten, arbetsrapport, 39 sidor.

⁸ Projektet drivs till stor del ideellt av byautvecklaren Morgan Bohman i Kalvträsk. Sammanfattning av Långsjön finns via <https://www.youtube.com/watch?v=9wjch-efU0>

Potential för reduktionsfiske

Mistras råd för evidensbaserad miljövard konstaterade i sin rapport SR3⁹ att reduktionsfiske är särskilt framgångsrikt i relativt små sjöar med kort omsättningstid och höga fosforhalter. Hemsjön faller inom denna kategori av sjöar, och har dessutom bestånd av braxen och mört som rimligen bör kunna reduceras. Vid ett lyckat reduktionsfiske bör därför märkbara förbättringar kunna förväntas.

Principen för reduktionsfiske förklaras i nedanstående figur från Mistras råd för evidensbaserad miljövard (<http://eviem.se/projekt/utfiskning-mot-eutrofiering/>).

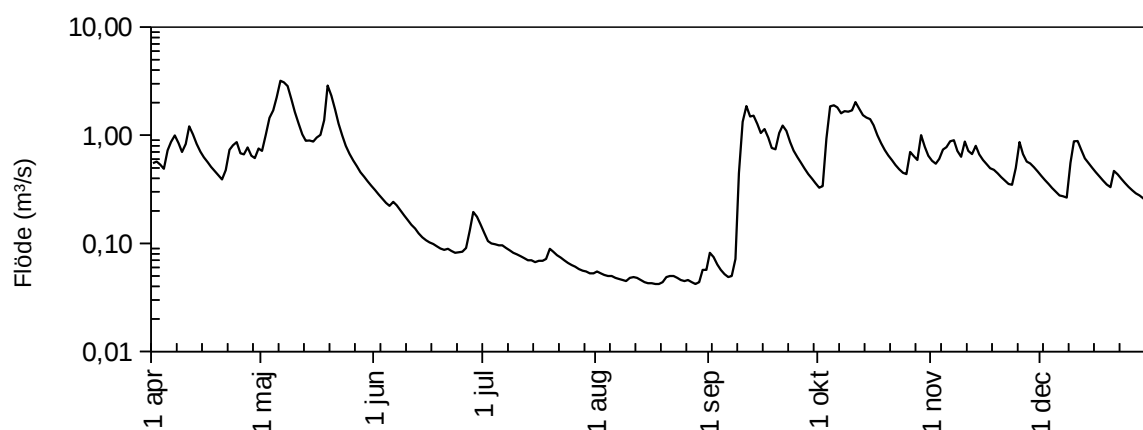


9 <http://eviem.se/wp-content/uploads/2018/03/SR3-final-report.pdf>

Vattenflöden, termiska skiktningar och siktdjup

Efter en relativt normal vår och sommar år 2017 med avseende på vattenflöden, följde en ovanligt blöt höst från omkring den 9 september och framåt (Figur 6).

Hemsjöns uppvisade en temperaturskiktning fram till slutet av september, med vattentemperaturer upp till knappt 20 grader i det översta skiktet, epilimnion (Tabell 1). Långsjön som är betydligt grundare än Hemsjön uppvisade ingen temperaturskiktning, och hade större variationer med både kallare och varmare förhållanden än i Hemsjön (Tabell 2).



Figur 6. Avrinningsdynamiken under 2017, illustrerad med modelldata från Lugnbäcken strax norr om Långsjön (Data: SMHI:s vattenwebb, med modellen S-hype 2016 version 2.00).

Tabell 1. Hemsjöns vattentemperaturer år 2017. Röda siffror illustrerar det översta varma skiktet, epilimnion, medan blå siffror representerar det djupa skiktet hypolimnion, eller att skiktningen är bruten. Svarta siffror representerar mellanskiktet metalimnion. Den termiska skiktningen började brytas i september och har brutits helt i oktober.

djup (m)	Temperatur °C									
	17 jul	25 jul	31 jul	07 aug	14 aug	21 aug	27 aug	03 sep	17 sep	01 okt
0,5	18,0	18,0	19,7	18,3	17,2	16,6	14,0	15,9	12,2	9,5
1	17,0	17,8	19,5	18,0	17,2	16,5	14,0	15,9	12,1	9,8
2	18,0	17,6	19,6	18,1	17,0	16,0	14,0	15,8	12,0	10,0
3	17,5	16,7	17,9	17,9	16,9	16,5	14,0	14,9	12,0	9,9
4	14,2	15,0	15,6	16,1	16,4	16,2	13,9	14,2	12,0	9,9
5	12,5	12,4	12,7	13,5	13,0	14,0	13,6	13,5	12,0	9,9
6	10,0	10,8	10,4	11,8	11,2	11,0	12,6	11,8	12,0	9,9
7	9,0	9,8	10,0	10,5	10,1	10,5	10,2	11,0	10,9	9,8

Tabell 2. Långsjöns vattentemperaturer år 2017.

djup (m)	Temperatur °C									
	17 jul	25 jul	31 jul	07 aug	14 aug	21 aug	27 aug	03 sep	17 sep	01 okt
0,5	16,5	19	20,9	-----	16,2	17,2	13	15,2	10,9	8,9

Tabell 3. Hemsjöns och Långsjöns siktdjup år 2017. Värdena från 17 jul och 25 jul mättes utan vattenkikare, och är korrigerade med +0,325 m efter kalibrering mellan provtagningar med och utan vattenkikare.

Lokal	Siktdjup (m)									
	17 jul	25 jul	31 jul	07 aug	14 aug	21 aug	27 aug	03 sep	17 sep	01 okt
Hemsjön	1,56	1,83	1,58	1,94	1,73	1,70	1,40	1,08	1,26	2,05
Långsjön	1,33	1,63	1,80	1,80	>2	>2	>2	>2	1,57	1,61

Tabell 4. Hemsjöns siktdjup år 2018.

Lokal	Siktdjup (m)							
	09 jun	16 jun	26 jun	08 jul	23 jul	04 aug	18 aug	04 sep
Hemsjön	1,55	1,50	1,35	1,46	1,16	1,17	1,25	1,57

Tabell 5. Hemsjöns vattentemperaturer år 2018. Röda siffror illustrerar det översta varma skiktet, epilimnion, medan blå siffror representerar det djupa skiktet hypolimnion, eller att skiktningen är bruten. Svarta siffror representerar mellanskiktet metalimnion. Den termiska skiktningen började lucras upp redan i mitten av augusti, men bröts fullständigt först efter att mätningarna slutat för året. .

djup (m)	Temperatur °C									
	09 jun	16 jun	26 jun	08 jul	23 jul	04 aug	18 aug	28 aug	04 sep	
0,5	16,7	17,6	18,1	19,0	24,7	24,4	18,0	15,9	16,0	
1	15,0	17,6	18,3	18,6	24,5	24,3	18,0	15,8	16,0	
2	14,0	17,2	16,8	18,2	22,8	24,0	18,0	15,6	15,9	
3	13,1	16,6	15,0	17,8	19,5	20,0	18,0	15,6	15,5	
4	12,7	14,5	14,2	17,1	16,6	17,0	18,0	15,6	15,3	
5	12,1	11,8	13,8	14,0	14,5	15,0	14,1	15,1	14,5	
6	12,1	11,1	13,0	12,8	13,0	12,4	12,8	14,1	13,8	
7	10,8	10,6	11,0	12,1	12,1	12,2	12,6	12,6	13,7	

Vattenkemi i sjöarna och inloppen

En sammanställning av samtliga kemiska mätvärden finns i Tabell 6 på nästa sida.

Sommar, basflöde: Hemsjöns och Långsjöns pH-värden var nära neutrala (7,1, respektive 6,4), den 16 augusti, med likartade jonstyrkor (5,4 resp. 5,4 mS/m) och näringsförhållanden (33 resp 28 ug/l tot-P, och 0,49 resp 0,69 mg/l tot-N). Vattnet var något mörkare i Långsjöns utlopp än i Hemsjön utifrån absorbansvärdena (0,183 resp 0,156). Det bör dock noteras att Långsjöns norra vattenspegel hade det klaraste vattnet av alla provtagna punkter, med absorbansen 0,102 den 16 Augusti.

Höst, högflöde: Ett långvarigt högflöde startade den 10 september. Den 5 oktober hade pH värdet sjunkit 0,3-04, enheter i båda sjöarna (6,7 i Hemsjön och 6,1 i Långsjön), vilket kan förklaras av att surheten i inloppen var upp till ca 10 ggr högre under högflödet än under basflödet den 16 augusti. Även jonstyrkan, absorbansen och halterna totalkväve och totalfosfor var högre i båda sjöarna den 5 oktober.

Inloppen till båda sjöarna visade lägre pH-värden och högre halter TOC än sjöarna, och tecken på en mera dynamisk vattenkemi än sjöarna. Näringshalterna i de större inloppen var dock inte anmärkningsvärt mycket högre än sjöproverna (både lägre och högre än i sjöarna, med totalfosfor upp till 120 ug/l, och totalkväve upp till 1,2 mg/l). Däremot visare de två stickproven från täckdiken tecken på en betydligt större dynamik med potential för mycket högre halter av totalfosfor och totalkväve än sjöarna (830 ug/l totalfosfor, och 7,3 mg/ totalkväve).



Figur 7. Vy över landskapet kring Hemsjön den 5 oktober 2017. Foto: Jan Åberg

Tabell 6. Vattenkemidata från inloppen och sjöarna den 16 augusti och 5 oktober.
Provtagningslokalerna visas i Figur 3 på sidan 9.

Tidpunkt	Lokal	Tw °C	pH	Kond mS/m	NO3-N + NO2-N						ABS /5cm
					Alk	NH4-N	NO2-N	TOC	TOT-N	TOT-P	
2017-08-16	Inlopp Långsjön (LI1)	11	7,1	11	44	0,05	0,028	9,8	0,43	0,092	0,459
2017-08-16	Inlopp Långsjön (LI2)	7	7,2	8,8	34	0,047	0,1	8,5	0,36	0,043	0,183
2017-08-16	Inlopp Långsjön (LI3)	7	6,9	5,7	22	0,026	0,12	6,1	0,33	0,034	0,218
2017-08-16	Långsjön, norra vattendelen (L1)	17,1	7,2	5,7	20	0,024	<0,005	9,2	0,69	0,028	0,102
2017-08-16	Långsjön, utlopp (L2)	15	6,4	5,4	20	0,065	<0,005	9,9	0,55	0,042	0,183
2017-08-16	Inlopp Långsjögraven (LGI5)	10	6,9	5,5	18	0,008	0,014	14	0,69	0,12	0,389
2017-08-16	Inlopp Hemsjön, Långsjögraven (LG7)	15	6,7	5,7	21	0,15	0,023	9,5	0,6	0,054	0,302
2017-08-16	Inlopp Hemsjön, Badplatsen (HI7)	11	6,8	7,4	16	25	0,13	2,6	0,25	0,036	0,054
2017-08-16	Hemsjön mittpunkt, (H4) 0,5m	16,9	7,1	5,4	15	0,005	<0,005	8,3	0,49	0,034	0,156
2017-08-16	Hemsjön mittpunkt, (H4) 0,5m (duplikat)	16,9	7,1	5,3	15	0,004	<0,005	8,7	0,51	0,033	0,155
2017-08-16	Hemsjön mittpunkt, (H4) 6m	12	6,5	6,4	25	0,65	<0,005	10	1,3	0,12	0,401
2017-08-16	Hemsjön, utlopp (H6) 0,5m	17	6,7	5,6	17	0,027	<0,005	8	0,48	0,033	0,188
2017-10-05	Inlopp Långsjön (LI1)	8,2	6,1	5,2	11	0,016	0,23	20	0,95	0,066	0,38
2017-10-05	Inlopp Långsjön (LI2)	7,9	5,7	2,9	2,1	0,01	0,19	18	0,75	0,04	0,261
2017-10-05	Inlopp Långsjön (LI3)	7,9	5,2	3	<1	0,003	0,5	21	1,2	0,029	0,339
2017-10-05	Långsjön, utlopp (L2)	8,5	6,1	6,4	17	0,11	0,078	15	0,89	0,074	0,249
2017-10-05	Inlopp Långsjögraven (LGI5)	8	5,6	3,9	1,5	0,019	0,18	28	0,84	0,062	0,601
2017-10-05	Inlopp Hemsjön, Långsjögraven (LG7)	8,3	6	5,4	8,1	0,049	0,22	22	1,1	0,073	0,447
2017-10-05	Inlopp Hemsjön, badplatsen (HI7)	8	5,9	4,5	5	0,007	0,23	20	0,88	0,068	0,328
2017-10-05	Hemsjön mittpunkt, (H4) 1m	9,5	6,7	5,7	16	0,21	0,037	11	0,71	0,038	0,216
2017-10-05	Hemsjön, utlopp (H6) 0,5m	9,1	6,6	5,8	16	0,19	0,043	9,7	0,71	0,039	0,212
2017-10-05	Täckdike ogödslad vall (HI-extra)	8	6,4	6,9	19	0,015	0,14	17	0,85	0,051	0,213
2017-10-05	Täckdike nygödslad vall (LI-extra)	8,8	5,5	11	15	0,94	1,1	16	7,3	0,83	0,4

Fosforkällor

Långsjön som har ett maxdjup på mindre än 2 meter, hade en termiskt oskiktad vattenmassa på sommaren, vilket kan förklaras av de samverkande faktorerna grunt och klart vatten, och stor vindpåverkan. Frånvaron av termiska skiktningar i sjön bidrog till att sedimenten behölls relativt syrerika under sommaren, vilket bör ha kunna begränsa lösligheten för fosfor i sedimenten. Fosforhalterna var dock ändå ganska höga (från 28-42 µg/l den 16 augusti 2017 och 74 µg/l den 5 oktober 2017), vilket kan förklaras av fosfortillförsel via inloppen (tot-P från 29-92 µg/l). Syrgasförhållandena i Långsjön på vintern återstår att undersöka, men ett rimligt antagande är att syrebrist kan uppstå, vilket i sin tur leder till ökad löslighet av fosfor.

Hemsjön med ett maxdjup på ca 8 meter, skiftar sig på sommaren, vilket bidrar till låg syretillförsel från luften ner till hypolimnion (det mörka, kalla skiktet närmast botten). Hemsjön hade stora arealer av botten som låg under epilimnion (det övre varma skiktet), vilket är en faktor som bidrar till ökad syrebrist och ökad löslighet av fosfor, som därmed kan läcka från sedimenten till vattenmassan (s.k. intern fosforbelastning). Fosfor i hypolimnion blir dock inte tillgänglig i hela sjön förrän det sker en omblandning vid exempelvis vid långvarig blåst eller längre perioder låga lufttemperaturer. Att epilimnion hade lägre halter fosfor (33-38 µg/l) än hypolimnion (120 µg/l), indikerar att den interna fosforbelastningen är betydande i Hemsjön, medan halterna av fosfor i epilimnion kan förklaras av halterna i inflödena.

Alla provtagna inflöden bidrog med förhöjda halter av fosfor och kväve (se Figur 3 för provpunkternas lokalisering och Tabell 6 de värden som uppmättes vid respektive punkt):

Långsjöns inflöden (LI1, LI2, LI3)

tot-N 0,33-1,2 mg/l

tot-P 29-92 µg/l

Hemsjöns inflöden (HI7, LG6, LG15)

tot-N 0,25-0,85 mg/l

tot-P 36-120 µg/l

Täckdikesavrinningen från den nygödslade vallen (täckdiket LI-extra) visade på ca 10 gånger högre halter av totalkväve (7,3 mg/l) och toalfosfor (830 µg/l) än från den icke-gödslade vallen (0,85 mg/l, resp 51 µg/l i täckdiket HI-extra).

Syrgasförhållanden

Hemsjöns vattenmassa visade en påtaglig syrebrist under mars-april 2018 (Tabell 7). I april var syrehalterna i hela vattenmassan ”otillfredsställande” till ”dåliga”, enligt naturvårdsverkets bedömningsgrunder.

Vattnet vid 1,5 meters djup var väl syresatt (god status, nära syremättnad) under hela den observerade sommarperioden (Tabell 8). Under perioden 23 juli till 4 augusti 2018 observerades mycket låga syrehalter (värden mellan 0-1 mg/l) vid 3,5 meter, vilket indikerar att hela hypolimnion nedanför denna nivå var syrefri. Vid en separat provtagning under inledningen av höstcirkulationen den 4 september 2018 var syrehalten fortfarande på samma låga nivå i hypolimnion (1-1,5 mg/l vid mätning i ruttnerhämtare). Hypolimnion låg vid det tillfället på 5,5-8 meters djup. I epilimnion (0-5,5 meters djup) var syrgashalterna vid samma tillfälle 9,2-9,7 mg/l.

Tabell 7. Syrehalter i Hemsjön den 16 mars 2018 vid ca 1 m istäcke (full vinter), samt den 22 april 2018 vid ca 1 m istäcke (strax före islossningen).

Datum	Djup (m)	Syrgas, mg/l	Syrestatus för fiskbeståndet*
16/3-2018	1,5	4-5	Måttlig
– ” –	2,5	ca 3	Otillfredsställande
– ” –	3,5	ca 1	Dålig
22/4-2018	1,5	3-4	Otillfredsställande
– ” –	2,5	1-2	Dålig
– ” –	3,5	<1	Dålig

*Klassning avseende ”varmvattenfiskar” enligt NATURVÅRDSVERKET, Bilaga A till handbok 2007:4.

Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag, sid 114 <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-0147-6.pdf>

Tabell 8. Syrehalter i Hemsjön vid olika tillfällen under sommaren 2018.

Djup (m)	Syrgas, mg/l							
	9 jun	26 jun	8 jul	23 jul	4 aug	18 aug	28 aug	7 sep
1,5	–	10,2	9,2	8,4	9,1	9,9	9,5	9,7
3,5	9,9	9,1	8,9	1,0	0,0	10	9,3	9,1

Algblomningen 2017

Siktdjupet i Hemsjön sjönk från 1,7 meter den 21 augusti till 1,1 meter den 3 september (Tabell 3). Den främsta orsaken bedömdes vara en ökad mängd alger i vattnet.

Algerna som observerades artbestämdes inte på lab, men åtminstone två typer kunde urskiljas:

1. I samband med slåttern av vattenväxter den 29 augusti 2017 observerades en ganska vitt spridd utbredning av blåskimrande flockar av alger i vattenytan. Efter rådfrågning hos Länsstyrelsens vattenförvaltningsgrupp (Mats Johansson, muntl.) fastslogs att detta var ett ganska säkert tecken på cyanobakterier, som är potentiellt giftiga.
2. Vid vattenprovtagningen den 17 september observerades gröna alger på ytan över stora områden på vid stränderna och ute på sjön. Dessa alger fanns kvar även vid nästa provtagning den 1 oktober 2017, men med bedömningen att utbredningen kan ha varit något mindre.

En möjlig orsak till att algblomningen startade var att den vertikala temperaturen jämnades ut något mellan den 21 och 27 augusti på grund av blåstigt väder. Detta kan i sin tur ha orsakat en införsel/inblandning av näringsrikare vatten från hypolimnion. Dvs inblandningen av det näringsrikare djupvattnet kan ha startat algblomningen. Med detta sagt kvarstår det faktum att flera andra faktorer måste samverka, vilket gör att algblomningar är svåra att förutsäga.



Figur 8: Större sjök med ytliga alger observerades i Hemsjön från slutet av augusti och långt in i september år 2017. Foto: Östen Holmström, den 28 augusti 2017.

Näringshalter i nyskördade vattenväxter och flytmassor

Halten totalfosfor i de färska vattenväxterna från Hemsjön var ca 40% av referensvärdet för flytgödsel från nötkreatur (2,7/6,7 - Tabell 9, räknat per kg torrs substans). Motsvarande siffra för flytmassorna från Långsjön var ca 14% (0,91/7,7 - Tabell 9). Halten totalkväve i de färska vattenväxterna från Hemsjön var ca 6 % av referensvärdet för flytgödsel från nötkreatur (2,7/47 - Tabell 9), medan motsvarande siffra för flytmassorna från Långsjön var ca 21% (10/47 - Tabell 9).

Kvoten kol/kväve var gynnsam för kompostering för vattenväxterna (32:1), medan flytmassornas stora innehåll av oorganiskt material, och högre halt av kväve, bidrog till en låg C-N kvot (5,3:1). Flytmassor längre bort från stränderna i Långsjön innehåller dock sannolikt mindre andel oorganiskt material, vilket höjer C-N kvoten.

Efter en ordentlig kompostering skulle fosforhalterna troligen närma sig nivåerna för flytgödsel, på grund av den relativa fosforhalten ökar då kol och kväve avgår under komposteringsprocessen.

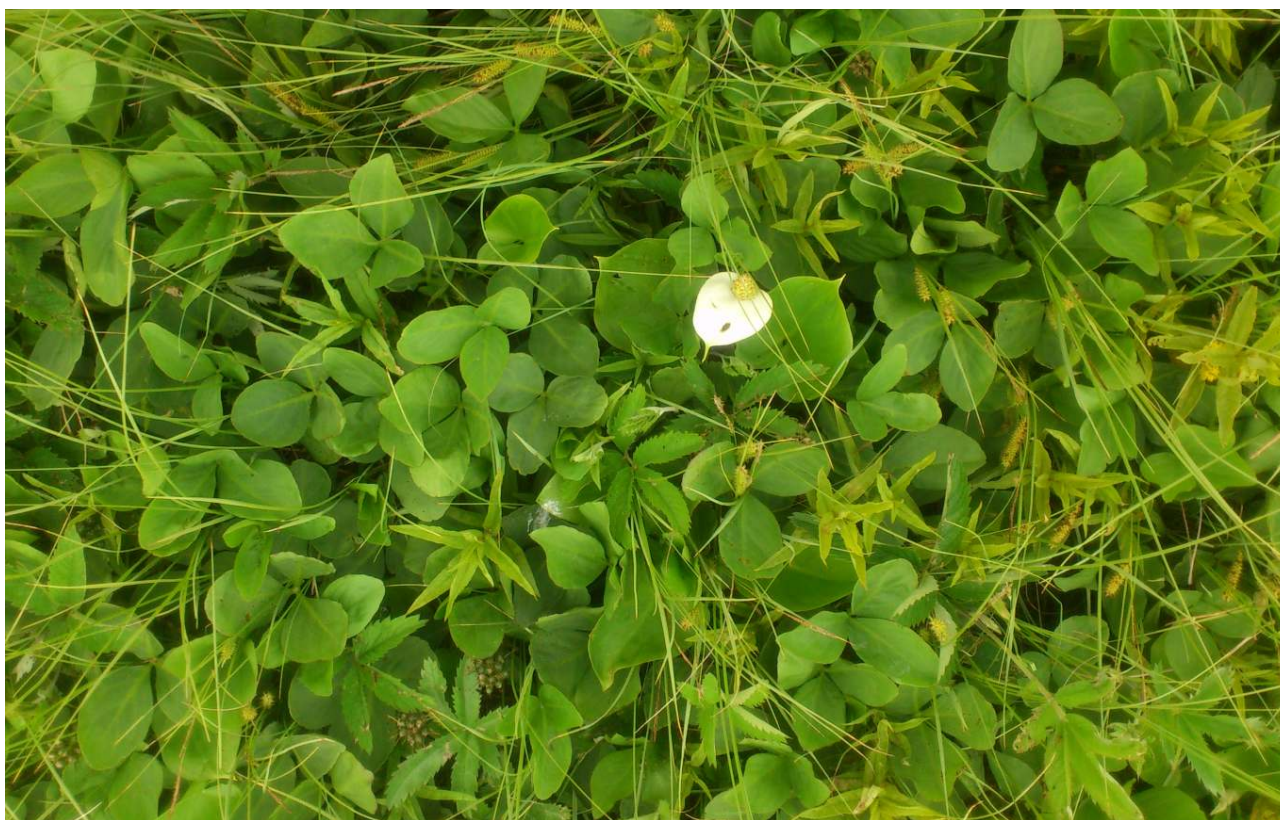
Tabell 9. Näringshalter i nyskördade vattenväxter och flytmassor, med referensdata för två olika gödselmedel.

	Näringsinnehåll		Referenser, gödselmedel		Enhet
	Vattenväxter Hemsjön	Flytmassor Långsjön	Biofer 10-3-1 (a)	Flytgödsel (b)	
Torrsbstans, TS	15,0	17,2		9	%
pH	6,1	5,1			
Glödgningsförlust	86,4	53,3			% av TS
Glödgningsrest	13,6	46,7			% av TS
Totalfosfor, P	2,7	0,91	26	6,7	g/kg TS
Kalcium, Ca	11	4,8	44	15	g/kg TS
Kalium, K	23	2,1	10	42	g/kg TS
Magnesium	2,5	3,9	2	7	g/kg TS
Ammoniumkväve, NH ₄ -N	1,3	0,99	--	--	g/kg TS
Totalkväve, N (Devardas)	2,7	10	100	47	g/kg TS

a, en KRAV-godkänd handelsgödsel, TS antas vara 100% <http://www.gyllebogodning.se/?p=30684>

b, avseende nötkreatur omräknat från den uppgivna mängden TS (9%)

<https://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/jordbruksgroror/vete/vaxtnaring/stallgodsel/tabellerstallgodsel.4.3229365112c8a099bd980001803.html>



Figur 9. Bilder av typisk vegetation på de flytande öarna i Långsjön. Foto: Jan Åberg

Övriga ämnen i vattenväxter och flytmassor

Analysen av 200 olika potentiellt giftiga metaller och organiska ämnen i flytmassornas komposthög (Långsjön) och vattenväxternas komposthög (Hemsjön), påvisade 14 metaller och 6 organiska ämnen i Långsjön, respektive 4 metaller och 9 organiska ämnen i Hemsjön (Tabell 10). Övriga ämnena (en stor majoritet) förekom i koncentrationer under detektionsgränsen.

Tabell 10. Detekterade ämnen av totalt 200 analyserade ämnen, i kompostproverna från Hemsjön och Långsjön. Angivna gränsvärden för metaller avser övre gräns för klassen ”ingen eller liten påverkan från punktkällor” i naturvårdsverkets rapport 4918, metodik för bedömning av förorenade områden bilaga 5; värden inom parentes är de gränsvärden som specifikt framtagits för norrländska sjösediment, medan övriga avser svenska kust- och havssediment).

LÅNGSJÖN

Analysis	Unit	12929818-001
Project name		1925-12-05 (2)
Sampledescription		18485065 (Långsjön)
Status		Reported
Validation status		Validated
Report date		2018-12-14
dry weight	wght.-%	38.6

METALLER		Värde	Gränsvärde*
arsenic	mg/kgdm	4.8	<45 (<40)
barium	mg/kgdm	100	<700
beryllium	mg/kgdm	0.76	<4,2
cadmium	mg/kgdm	0.76	<3 (<18)
chromium	mg/kgdm	27	<70
cobalt	mg/kgdm	7.7	<60
copper	mg/kgdm	26	<80 (<100)
mercury	mg/kgdm	0.10	<1 (<1,7)
lead	mg/kgdm	16	<110 (<4000)
molybdenum	mg/kgdm	1.1	<40
nickel	mg/kgdm	20	<100 (<80)
tin	mg/kgdm	1.6	<14
vanadium	mg/kgdm	33	<180
zinc	mg/kgdm	120	<360 (<1500)

ORGANISKA ÄMNEN	Värde	D*	Möjlig källa
-----------------	-------	----	--------------

ALKYLBENZENES

4-Isopropyttoluene	µg/kgdm	1400	20 Växtdelar Drivmedel
--------------------	---------	------	---------------------------

HALOGENATED HYDROCARBONS

tetrachloroethene	µg/kgdm	41	20 Tyg
-------------------	---------	----	--------

MINERAL OIL

fraction C16-C21	mg/kgdm	5.9	5 Maskiner
fraction C21-C40	mg/kgdm	65	5 Maskiner
total oil C10-C40	mg/kgdm	70	50 Maskiner
mineral oils (C6-40)	mg/kgdm	71	50 Maskiner

D*=detectionsgräns

HEMSJÖN

Analysis	Unit	12931340-001
Project name		1925-12-05 (2)
Sampledescription		18485066 (Hemsjön)
Status		Reported
Validation status		Validated
Report date		2018-12-14
dry weight	wght.-%	19.7

METALLER		Värde	Gränsvärde*
barium	mg/kgdm	79	<700
cobalt	mg/kgdm	4.7	<60
nickel	mg/kgdm	4.9	<100 (<80)
zinc	mg/kgdm	37	<360 (<1500)

ORGANISKA ÄMNEN	Värde	D*	Möjlig källa
-----------------	-------	----	--------------

VOLATILE AROMATICS

p- and m-xylene	µg/kgdm	400	20 Växtdelar Drivmedel
-----------------	---------	-----	---------------------------

PHENOLS

m- and p-cresol	µg/kgdm	290	100 Växtdelar Tjära
-----------------	---------	-----	------------------------

HALOGENATED HYDROCARBONS

tetrachloroethene	µg/kgdm	340	20 Tyg
-------------------	---------	-----	--------

CHLOROPHENOLS

2-chlorophenol	µg/kgdm	1100	100 Desinfektionsm. Pesticider
----------------	---------	------	-----------------------------------

PHTHALATES

bis(2-ethylhexyl)phthala	µg/kgdm	380	100 PVC-plast
--------------------------	---------	-----	---------------

MINERAL OIL

fraction C21-C40	mg/kgdm	120	5 Maskiner
total oil C10-C40	mg/kgdm	120	50 Maskiner
mineral oils (C6-40)	mg/kgdm	120	50 Maskiner

SEVERAL ORGANIC COMPOUNDS

bis(2-chloroethyl)ether	µg/kgdm	190	100 Medicin
-------------------------	---------	-----	-------------

Metallhalterna i kompostmaterialet var låga jämfört med sediment som är påverkade av punktkällor. Samtliga värden låg med god marginal inom klassen ”ingen eller liten påverkan från punktkällor” (Tabell 10). Skillnaderna mellan de två proven med avseende på metaller speglar troligen främst den betydligt högre halten mineral i Långsjöns prov.

I båda sjöarnas prover uppträdde de flesta organiska ämnen under detektionsgränsen. Det saknades t.ex. PCB:er, PAH:er, kloropesticier och fosforpesticier. Av de få ämnen som detekterades uppträdde de flesta i låga halter, strax över detektionsgränserna, förutom gällande: toluen i Långsjöns prov (1400 jämfört med detektionsgränsen 20), xylen i Hemsjöns prov (400 jämfört med detektionsgränsen 20), och 2-klorofenol i Hemsjöns prov (1100 jämfört med detektionsgränsen 100). De två förstnämnda kan troligen härröra från både syntetiska och naturliga källor, medan det sistnämnda ämnet antas vara helt och hållet tillfört utifrån. På grund av ämnets svårnedbrytbarhet¹⁰ kan 2-klorofenol troligen ha anrikats under många år genom långvarig diffus tillförsel av vissa sorters desinfektionsmedel och pesticider (t.ex. insekticiden Profenofos).

Även om det inte bör dras långtgående slutsatser av enstaka prov, visar resultaten en indikation på att halterna av föroreningar var generellt sett låga eller icke-detekterbara. Resultatet kan också tolkas som en indikation på att de organiska ämnen som trots allt kunde detekteras sannolikt inte kan härledas till någon punktkälla, utan snarare har kommit ut i miljön genom diffusa utsläpp från exempelvis trafik, jord- och skogsbruk, skrot- och avfall i naturen, eller ämnen som inte fastnar i avloppens infiltrationer.

Se bilaga 1 för listan med samtliga analyserade ämnen.

10 <https://rib.msb.se/Portal/template/pages/Kemi/Substance.aspx?id=2725>

Potential för fosforreduktion genom slätter och reduktionsfiske

Slutsatser:

- Årliga vatteninflödet av total-fosfor till Hemsjön beräknas till ca 96 kg fosfor.
- Med slätter och reduktionsfiske beräknas ca 70 kg fosfor per år kunna bortföras från systemet till en kostnad av ca 1-2000 kr per kg fosfor utifrån dagens sociala/ekonomiska förutsättningar.
- Beräkningarna indikerar att slätter har potential att både ge en märkbar näringsreduktion och vara kostnadseffektiv i jämförelse med de flesta andra metoder.

Beräkning av reduktionspotential

En normal slätterskörd i Hemsjön antas ligga på ca 2 ton torrsubstans per hektar¹¹. Med sitt innehåll av 2,7 g fosfor per kg torrsubstans (0,27 vikts%) kan följande resonemang göras:

- ca 5,4 kg fosfor kan bortföras per hektar och år genom skörd ($2000 \times 0,0027 = 5,4$);
- den yta som kan skördas i Hemsjön är grovt uppskattat ca 2 hektar vilket ger en teoretiskt möjlig reduktion på ca 10,8 kg fosfor per år.
- om Långsjön skördas på samma sätt, fast på en yta av 10 hektar, skulle ytterligare 54 kg per hektar och år kunna bortföras (utifrån antagandet att potentialen för reduktion per hektar är samma som i Hemsjön).

Tillväxten av mört och braxen i Hemsjön kan uppgå till ca 25 kg/ha/år, eller 500 fisk kg/år¹².

Mängden fosfor som teoretiskt sett kan reduceras vid fiske är ca 1 vikt% av fiskens totalvikt, vilket motsvarar ca 5 kg fosfor per år för Hemsjön om 500 kg fiskas upp per år¹³.

Summan av dessa siffror, ca 70 kg fosfor per år, kan sedan jämföras med förrådet av fosfor i Hemsjöns vattenmassan som är ca 18 kg vid halten 30 µg/l ($30 \text{ mg/m}^3 \times 600\,000 \text{ m}^3$) och det årliga inflödet av fosfor via inloppen som är ca 96 kg/år ($30 \text{ mg/m}^3 \times 321\,400 \text{ m}^3$).

Slutsatsen blir att reduktionsfiske i Hemsjön, plus biomassaskörd av totalt 12 hektar, har potential att kunna bortföra motsvarande 70% av externa inflödet av totalfosfor till Hemsjön.

Kostnader för slätter

Pilotförsöket med skörd i Hemsjön skedde med lie både från båt och genom vadning tills vattnet blev för djupt. Den skördade arealen var ca 500 m², med en tidsåtgång av ca 1,5 timme för 4

11 Antagandet bygger på att hektarskörden är större än på fastmarksängar (ca 1 ton TS per hektar) men lägre än på vallar som skördas för hö (ca 3-4 ton TS per hektar). <https://jordbruketsiffror.wordpress.com/2018/07/04/sa-har-vallen-avkastat-de-senaste-100-aren/>

12 Endast Hemsjön inräknad. Siffran 25kg/ha har använts med hänvisning till Nordqvist (1918, Våra sjöars fiskavkastning, Statsvetenskaplig tidskrift 22, extrahäfte 1-22) som rapporterar att näringsrika slättsjöar i Norrland kan ha en hållbar fiskavkastning på upp till 25 kg/ha, medan näringsfattiga norrlandssjöars hektarproduktion i fisk oftast var minst 10 ggr lägre.

13 Karlsson m.fl. 2012, "Kostnadseffektivitet i åtgärder mot övergödning i Östersjön" - Fallstudie Gävle fjärdar. IVL

personer – vilket motsvarar ca 80 m² per timme och person. Utifrån denna erfarenhet dras slutsatsen att den typ av storskaliga skörd som är lämplig i detta fall, rimligen måste utföras med amfibiska maskiner med slåtteraggregat och självlastande slädar/vagnar (den mängd arbetskraft som skulle behövas för manuell skörd saknas helt enkelt).

Slåtter med amfibiska maskiner i våtmarker kan beräknas kosta omkring 6-7000 kr per hektar utan skötselbidrag¹⁴, vilket ger en kostnad på ca 72-84 000 kr per år, eller upp till ca 1400 kr per kg fosfor. Denna siffra är relativt konkurrenskraftig räknat i pris per kg fosfor – även om skördekostnaden skulle fördubblas. Den nationella schablonkostnaden för anpassad stallgödsling är exempelvis 1650 kr per kg reducerat fosfor år, men potentialen för reduktion med denna metod kan enbart räknas till ca 0,06 kg/ha, vilket betyder att potentialen är liten i det aktuella området (som högst upp till några kg fosfor totalt).

Kostnaden kan också jämföras med fosforvåtmarker, som kostar i medeltal 17 000 - 28 000 kr per kg fosfor, beroende på man räknar med att en del av våtmarkens värde ligger i annat än fosforreduktion¹⁵. I fallet med Hemsjön och Långsjön bör biomassaskördens kostnadseffektivitet räknas ett liknande sätt gällande mervärden, eftersom metoden samtidigt bidrar till att bromsa sjöarnas igenväxning och i synnerhet förlänga Långsjöns ekologiska funktion som grund fågelrik slättsjö i ett jordbrukslandskap.

Några kommentarer gällande skördeteknik

För att växterna inte ska ta skada av skörden men samtidigt innehålla näring, bör skördetidpunkten varken göras för tidigt eller för sent på säsongen. Omkring slutet av juli eller början av augusti kan troligen vara en lämplig skördetid baserat på traditionen att sjöslåttern oftast påbörjades efter fastmarksslåttern. Därtill ska växterna inte sköras för nära roten, för att undvika röta.

Utifrån detta projekts erfarenhet krävs en arbetsstyrka på motsvarande 20 personer i ca 6 timmar för att skörda 1 hektar manuellt (175 persontimmar).



Figur 10. Sjöslåttern i Hemsjön skedde både från båt och genom vadning. Foto: Östen Holmström.

14 Wennerberg 2012, "Skörd och hantering av biomassa från våtmarker för biogasproduktion", TecnoFarm Lantbruks & Miljöteknik

15 jfr. figur 11 i <https://viss.lansstyrelsen.se/ReferenceLibrary/53316/Rapport2016-19-Atgarder-mot-overgodning.pdf>

Potential för näringsreduktion genom skörd av flytmassor

Slutsatser:

- *Om Långsjön kan betraktas som en fosforvåtmark – om än naturligt bildad – finns potential för bortförsel av ca 4500 kg fosfor, genom att skörda ca hälften av de flytande växtmassorna.*
- *Det finns en ganska stor osäkerhet kring kostnaden för skörd av flytmassor, men även om kostnaden antas vara mycket hög, ca 400kr/m³, har metoden potential att vara en av de kostnadseffektivaste lösningarna räknat per kg fosfor. Därtill kan de biologiska värdena förväntas öka i hög grad.*

Beräkning av reduktionspotential

Långsjön fungerar redan idag som en stor fosforvåtmark, som ackumulerat fosfor under många år. Ca 10 hektar av Långsjöns yta täcks idag av flytande rotmattor/gungfly som innehåller fosfor, och andra näringsämnen. Skörd av en viss andel av dessa flytmassor kan därför vara en möjlig lösning för att reducera mängden fosfor i systemet.

Ur ett helhetsperspektiv är det sannolikt lämpligast att skörda så att det fortfarande finns kvar en viss andel flytmassor som kan utgöra biotoper för biologisk mångfald ute i sjön. Här nedan utgår beräkningen från att hälften av den igenväxta ytan skördas:

- Medeldjupet av flytmassorna antas vara 1 meter vilket ger totalt 100 000 m³ flytmassor.
- Antagandet görs att fosforhalten är ca 0,9 g/kg (utifrån analysvärdet i Tabell 9 sidan 20), och att varje m³ innehåller 100 kg torrsubstans.
- En skörd av halva ytan (5 hektar) ger därmed 50 000 m³ flytmassor, motsvarande ca 5 000 ton torrsubstans och ca 4 500 kg fosfor.
- 5 000 ton torrsubstans motsvarar skörden från ca 1 000 hektar högproduktiv vall (som ger ca 5 ton TS per hektar), dvs en mycket stor mängd material och näringsämnen.
- Om näringen ska kunna läggas fast på land inom avrinningsområdet utan att rinna ut i sjöarna igen, krävs att skörden och spridningen fördelas över ganska många år. Det vore också lämpligt att markkartera spridningsområdet för att identifiera de åkermarker som har näringsbrist och drar mest nytta av näringen.
- Brytpunkten för ekonomiskt lönsam skörd blir ca 50/kr m³ om gödselvärdet antas vara 50 öre per kilo (räknat på att det blir 100 kg torrsubstans per m³)
- Kostnaden för skörden är svår att beräkna, men kan förväntas ligga i nivå med åtminstone resning av större diktningsföretag (ca 100 kr/m³) och eventuellt även högre än biologisk restaurering av flottledsrensade älvar (som kostar upp till ca 300 kr/m³ enligt Robertsfors

kommuns egen erfarenhet från Rickleån år 2018). Om kostnaden 100-400 kr/m³ antas skulle skörden av 50 000 m³ flytmassor därför kosta omkring 5-20 miljoner kronor. Om flytmassornas värde som gödsel antas vara 50 öre per kilo torrs substans minskar kostnaden med ca 500 000 kr per hektar, vilket innebär en lägsta kostnad på ca 2,5 miljoner kr.

- Kostnaden per kg fosfor blir grovt räknat ca 500-4500 kr/kg fosfor – en siffra som visserligen kan bli högre än reduktion genom slåtter, men med större reduktionspotential och mellan 4 och 50 gånger lägre än medelkostnaden för fosforvåtmarker¹⁶.
- Det biologiska mervärdet av skörden av flytmassor kan antas vara högre än vid slåtter, eftersom ca 5 hektar ny vattenspegel, samt en längre strandzon/kantzoon mellan öppet vatten och flytmassor, kan skapas i Långsjön.



Figur 11. Pilotförsöket med skörd av flytmassor i Långsjön utfördes med hjälp av en gripklo avsedd för hö monterad på en grävmaskin. Ca 3 m³ togs upp. Foto: Östen Holmström.



Figur 12. En lång åra har tryckts ner genom ytan ute på en av flytöarna i Långsjön. Foto: Jan Åberg

¹⁶ jfr. figur 11 i <https://viss.lansstyrelsen.se/ReferenceLibrary/53316/Rapport2016-19-Atgarder-mot-overgodning.pdf>

Nollalternativet – om inget görs

Vad händer om inga åtgärder sätts in?

Att spå framtiden är en svår konst, men här görs ändå ett försök att extrapolera två trender som denna rapport har berört:

- **Långsjöns ökande igenväxning:** Fram till mitten av 1900-talet hade Långsjön funnits i ca 7000 år utan att växa igen med ”gungfly”. Men efter att sjöslåttern upphörde och sjön lämnades på en sänkt nivå, har en stor del av sjön växt igen. Om denna trend inte bryts är det rimligt att anta att vattenspeglarna kommer fortsätta att krympa, kanske lika snabbt som under senaste decennierna, vilket innebär att sjön kan ha omvandlats till något som mestadels liknar en myr, redan inom ca 100 år.
- **Hemsjöns ökande övergödning:** Hemsjön har sannolikt varit näringsrik ganska länge, tidigare dock med ett klarare och ”renare” vatten, och utan att det funnit braxen. De senaste årtiondena har badvattenkvaliteten upplevts som allt sämre, och nyligen har det etablerats ett ganska talrikt braxenbestånd, som troligen är på tillväxt i termer av biomassa. Braxen söker föda i bottensedimenten och riskerar att frigöra näring från förråden i sedimenten – vilket i sin tur ökar risken för algblomningar och ännu svårare syrebrist på vintern än idag. Syrebristen ökar därtill lösligheten för fosfor i sedimenten, vilket i sin tur späder på övergödningen. Om inga åtgärder sätts in för bryta denna cykel, riskerar syrebristen att förvärras samtidigt som frekvensen av potentiellt giftiga algblomningar på sommaren riskerar att öka. Tillståndet med syrefattiga förhållanden och algblomningar kan troligen sedan fortgå under många decennier, eftersom förråden av fosfor i sedimenten kan vara mycket stora, samtidigt som inflödena av fosfor också kan komma att fortgå under lång tid.

Den sammantagna prognosen av dessa två punkter kan därmed sägas vara en risk för att Överklintens by inom 100 år förlorar den ena sjön (Långsjön), samtidigt som vattenkvaliteten i den andra sjön (Hemsjön) riskerar att etablera sig på en permanent dålig nivå för upp till 100 år framåt, eller mer.

BILAGA 1 – lista med analyserade ämnen i kompostproverna.

METALS

antimony
arsenic
barium
beryllium
cadmium
chromium
cobalt
copper
mercury
lead
molybdenum
nickel
selenium
tin
vanadium
zinc

VOLATILE AROMATICS

benzene
toluene
ethylbenzene
o-xylene
p- and m-xylene
xylenes
styrene
naphthalene

ALKYL BENZENES

n-propylbenzene
isopropylbenzene (cumene)
1,3,5-trimethylbenzene
1,2,4-trimethylbenzene
tert-butylbenzene
sec-butylbenzene
n-butylbenzene
4-Isopropyltoluene

PHENOLS

2,4+2,5-dimethylphenol
o-cresol
m- and p-cresol
total cresols
phenol

NITRO FENOL

2-nitrophenol
4-nitrophenol

POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS

anthracene
phenanthrene
fluoranthene
benzo(a)anthracene
chrysene
benzo(a)pyrene
benzo(ghi)perylene
benzo(k)fluoranthene
indeno(1,2,3-cd)pyrene
acenaphthylene
acenaphthene
fluorene
pyrene
benzo(b)fluoranthene
dibenzo(a,h)anthracene

HALOGENATED HYDROCARBONS

1,1-dichloroethane
1,2-dichloroethane
1,1-dichloroethene
cis-1,2-dichloroethene
trans-1,2-dichloroethene
dichloromethane
tetrachloroethene
tetrachloromethane
1,1,1-trichloroethane
1,1,2-trichloroethane
trichloroethene
chloroform
vinylchloride
1,2-dibromoethane
1,1,1,2-tetrachloroethane
1,1,2,2-tetrachloroethane
1,3-dichloropropane
1,2-dichloropropane
1,2,3-trichloropropane
2,2-dichloropropane
1,1-dichloropropene
trans-1,3-dichloropropene
cis-1,3-dichloropropene
1,2-dibromo-3-chloropropane
bromochloromethane
bromodichloromethane
dibromochloromethane
bromoform
dibromomethane
bromobenzene
2-chlorotoluene
1,3-dichloropropene
4-chlorotoluene
trichlorofluoromethane
hexachlorobutadiene
dichlorodifluoromethane
chloroethane
chloromethane
bromomethane

CHLOROBENZENES

monochlorobenzene
1,2-dichlorobenzene
1,3-dichlorobenzene

1,4-dichlorobenzene
1,2,3-trichlorobenzene
1,2,4-trichlorobenzene
hexachlorobenzene

CHLOROPHENOLS

2,3+2,4+2,5-dichlorophenol
2,4,5-trichlorophenol
2,4,6-trichlorophenol
2-chlorophenol
4-chloro-3-methylphenol
pentachlorophenol

POLYCHLORINATED BIPHENYLS

PCB 28
PCB 52
PCB 101
PCB 118
PCB 138
PCB 153
PCB 180
total (7) PCB

CHLOROPESTICIDES

aldrin
alpha-HCH
beta-HCH
chlorothalonil
cis-heptachlorepoxyde
dieldrin
alpha-endosulfan
beta-endosulfan
endosulphan sulfate
sum endosulfan
endrin
gamma-HCH
heptachlor
hexachloroethane
isodrin
o,p-DDD
o,p-DDE
o,p-DDT
p,p-DDD
p,p-DDE
p,p-DDT
quintozone
tecnazene
telodrin
cis-chlordane
trans-chlordane
sum chlordane
triallate
p,p-methoxychlor

PHOSPHOR PESTICIDES

azinphos-ethyl
azinphos-methyl
carbophenothion
chlorfenvinphos I
chlorfenvinphos II
chlorfenvinphos (sum)
chlorpyrifos-ethyl
chlorpyrifos-methyl
diazinon
dichlorvos
dimethoate
disulfoton
ethion
etrimphos
fenitrothion
fenthion
phosalone
malathion
mevinphos (sum)
parathion-ethyl
parathion-methyl
pirimiphos-methyl
propramphos
triazophos

N - PESTICIDES

ametryn
atrazin
atrazine
prometryn
prometon
propazine
simazine
simetryn
terbutryn
terbutylazine
triadimephon
trifluralin

PHthalates

butylbenzylphthalate
bis(2-ethylhexyl)phthalate
diethylphthalate
dimethylphthalate
di-n-butylphthalate
di-n-octylphthalate

MINERAL OIL

mineral oils (C6-10)
fraction C10-C12
fraction C12-C16
fraction C16-C21
fraction C21-C40
total oil C10-C40
mineral oils (C6-40)

SEVERAL ORGANIC COMPOUNDS

cis(1)-permethrin
trans(2)-permethrin
2,4-dinitrotoluene
2,6-dinitrotoluene
2-chloronaphthalene
2-methylnaphthalene
4-bromophenylphenylether
4-chlorophenylphenylether
azobenzene
bis(2-chloroethoxy) methane
bis(2-chloroethyl)ether
carbazole
dibenzofuran
hexachlorocyclopentadiene
isophorone
nitrobenzene
MTBE (methyl(tert)butylether)
carbon disulphide

AMINO-LIKE COMPOUNDS

3+4-chloroaniline
2-nitroaniline
3-nitroaniline
4-nitroaniline
n-nitrosodi-n-propylamine

BILAGA 2 – informationsinsatser i projektet

Delmålet ”informationskväll” genomfördes genom flera olika delaktiviteter:

1. Guidad busstur runt båda sjöarna, som en del av festivalen Grunkor och mojänger år 2017. Ett flertal turer genomfördes, med Östen Holmström från byrådet som guide.
2. En poster om projektet tillverkades för uppställning vid Hemsjön. Denna användes också på festivalområdet för ”Grunkor och mojänger” år 2017 och 2018.
3. Riktad information om projektet på flera olika möten i Överklinten.
4. Sammanställning av ett flygblad om projektet.

BILAGA 3 – Workshop för minskad näringsförlust från åkrar

Denna delaktivitet genomfördes den 4 september 2018 för målgruppen jordbrukare. På vattenrådets hemsida¹⁷ sammanfattades diskussionerna under kvällen enligt följande:

Den 4 september gjordes en fältvandring i Överklinten på temat greppa näringen.

Fältvandringen leddes av lantbruksexperten Lars Ericsson på Länsstyrelsen i Västerbotten.

Träffen började vid Hemsjön med en diskussion om läget i de två sjöarna Hemsjön och Långsjön– som båda har höga halter fosfor och kan klassas som övergödda. I Hemsjön skedde exempelvis algbloomingar med potentiellt giftiga blågröna alger år 2017, och under sommaren 2018 rådde total syrebrist från ca 4 meters djup och neråt ([klicka här för mer information om sjöarna](#)).

Gällande åtgärder mot övergödningen konstaterades att sedimenten i sjöarna troligen är stora källor till näringsbelastning (sk intern belastning), men att ett långsiktigt mål likväl måste vara att mindre näring rinner in i sjöarna än vad som rinner ut ur dem. Endast i ett sådant scenario kan problemen med syrebrist och algbloomingar på minskas i Hemsjön och Långsjön.

Jordbrukets möjliga bidrag till detta är att i möjligaste mån behålla mer näring på åkrarna (= ”greppa näringen”). Gällande Överklinten diskuterades bland annat följande möjligheter:

- **Markkartering**, som gör att gödsel kan läggas där marken som mest behöver den. Att markkartera all åkermark inom avrinningsområdet till sjöarna i Överklinten skulle kosta omkring 50 000 kr i analyskostnad vid ca ett prov per hektar. Läs mer [om markkartering här](#).
- Vårplöjning istället för höstplöjning på branta åkrar. Överklintens åkrar är ganska kuperade och Rickleån har vid flera tillfällen färgats brun när häftiga regn har spolat ner jord i diken och ner till ån. Risken för sådan erosion ökar extra mycket om jorden i branta partier ligger öppen vid regn under tidig vår då det översta jordlagret ”glider” på tjälen.
- **Oplöjda kantzoner mot diken och skonsam dikesrensning**, minskar jorderosion och näringsurlakning. I många fall behövs endast att vegetationen i dikena rensas, och då kan så kallade klippskoppor användas.
- **Näringsfällor** som fångar upp partiklar och delvis även löst näring, innan utflöde sker till sjöarna. Fällorna kan ”skördas” med jämna mellanrum så att näringen kan återföras till åkrarna. Långsjön kan ses som en stor näringsfälla som dock inte skördas i dagsläget. Möjligheten för sådan skörd undersöks dock genom de pågående LOVA-projekten i Långsjön och Hemsjön.

¹⁷ <https://mellanbygdensvattenrad.org/>

*"Det övergripande målet för miljöpolitiken är
att till nästa generation lämna över ett samhälle
där de stora miljöproblemen är lösta,
utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem
utanför Sveriges gränser."*

– Riksdagens definition av generationsmålet.

Robertsfors kommun har sedan år 2008 ansvarat för driften av Mellanbygdens vattenråd, som syftar till att främja lokala dialoger kring hur vattnets miljöproblem ska kunna lösas på bästa sätt.



<http://mellanbygdensvattenrad.org/>



ROBERTSFORS
KOMMUN

<http://robertsfors.se/>